

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

**Optimalizace celoledkového automobilového světlometu za
účelem zvýšení ochrany chodců**

Optimization of Full LED Automotive Headlamp to Increase Pedestrian
Protection

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Zdeněk Matějka
Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Zdeněk Matějka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: Optimalizace celoledkového automobilového světlometu za účelem
zvýšení ochrany chodců
Optimization of Full LED Automotive Headlamp to Increase Pedestrian
Protection

Zásady pro vypracování:

Proveďte souhrn současného přístupu k řešení problematiky s ohledem na problematiku světlometů a požadovaný typ testu (upper leg impact) dle metodiky Euro NCAP. Vytvořte MKP model zadaného světlometu včetně nezbytných okrajových podmínek na základě poskytnutých vstupních informací a CAD dat světlometu a infrastruktury vozidla. Proveďte matematickou simulaci testu zjednodušeným upper leg impaktorem (impaktor kyčle) dle specifikace Euro NCAP. Navrhněte modifikace světlometu a jeho strukturálního a koncepčního řešení tak, aby všechny funkce byly i nadále zabezpečeny pouze LED světelnými zdroji a proveďte studii vlivu jednotlivých úprav na zatížení impaktoru za pomoci matematických simulací.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. 5. 2013

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20. 5. 2013

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Zdeněk Matějka

Adresa trvalého pobytu studenta: Kozlovice 153
739 47 Kozlovice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MATĚJKA, Z. *Optimalizace celoledkového automobilového světlometu za účelem zvýšení ochrany chodců*: diplomová práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 62 s. Vedoucí: Ing. Kubín, T, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá Optimalizací automobilového celoledkového světlometu z hlediska ochrany chodců. V úvodu je všeobecným přehledem týkajícím se světlometů. Dále pak vysvětlení co je organizace Euro NCAP a podrobnější seznámení se Zkouškou nárazem horní části makety nohy (kyčle) do náběžné hrany kapoty. Nedílnou součástí této práce je navržení přípravku pro uchycení do testovacího zařízení a také vytvoření MKP modelu světlometu a následná matematická simulace již zmiňovaného testu. Nakonec následuje návrh modifikací světlometu pro zvýšení ochrany chodců a ověření novými simulacemi.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

MATEJKA, Z. *Optimization of Full LED Automotive Headlamp to Increase Pedestrian Protection*: a diploma thesis. Ostrava: VSB-Technical university of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2011, 47 p. Supervisor: Ing. Kubin, T, Ph.D.

This thesis deals with the optimization of automotive full LED headlamps regard to pedestrian protection. It starts with a general overview regarding the headlamps. Furthermore, explanation of organization Euro NCAP and detailed introduction to impact test of upper leg (hip) impactor to leading edge of bonnet. An integral part of this thesis is design of fixture for attachment to the test equipment and also the creation of the FEM model headlamp and follow mathematical simulation of already mentioned test. Finally follow the headlamp modifications to improve pedestrian protection and verification by new simulation.

Obsah:

Seznam použitých značek a symbolů	7
Úvod.....	8
1. Světlomet	9
1.1. Jednotlivé funkce světlometu	9
1.2. Druhy osvětlovacích jednotek.....	12
1.3. Automobilové světelné zdroje.....	17
2. Řešení problematiky dle metodiky Euro NCAP	21
2.1. Zkouška nárazem horní části makety nohy (kyčle) do náběžné hrany systému čelní ochrany.....	23
2.2. Výpočet zatížení zadaného světlometu pro testování nárazu s chodcem se zaměřením na náraz kyčle (Upper leg impact) dle Euro NCAP	26
3. Vytvoření MKP modelu zadaného světlometu	35
3.1. Popis zadaného světlometu	35
3.2. Návrh přípravku	36
3.3. Vytvoření MKP modelu světlometu a navrženého přípravku.....	37
3.4. Kontrola navrženého přípravku pomocí MKP	39
4. Matematická simulace testu zjednodušeným impaktorem kyčle.....	40
5. Návrh modifikace světlometu	42
6. Závěr	60
7. Seznam použité literatury	61
8. Seznam příloh	62

Seznam použitých značek a symbolů

v_1	rychlost nárazu v bodě 1	$[\text{m.s}^{-1}]$
v_2	rychlost nárazu v bodě 2	$[\text{m.s}^{-1}]$
v_3	rychlost nárazu v bodě 3	$[\text{m.s}^{-1}]$
α_1	úhel nárazu v bodě 1	$[\text{°}]$
α_2	úhel nárazu v bodě 2	$[\text{°}]$
α_3	úhel nárazu v bodě 3	$[\text{°}]$
E_1	kinetická energie v bodě nárazu 1	$[\text{J}]$
E_2	kinetická energie v bodě nárazu 2	$[\text{J}]$
E_3	kinetická energie v bodě nárazu 3	$[\text{J}]$
M_1	hmotnost impaktoru energie v bodě nárazu 1	$[\text{kg}]$
M_2	hmotnost impaktoru energie v bodě nárazu 2	$[\text{kg}]$
M_3	hmotnost impaktoru energie v bodě nárazu 3	$[\text{kg}]$

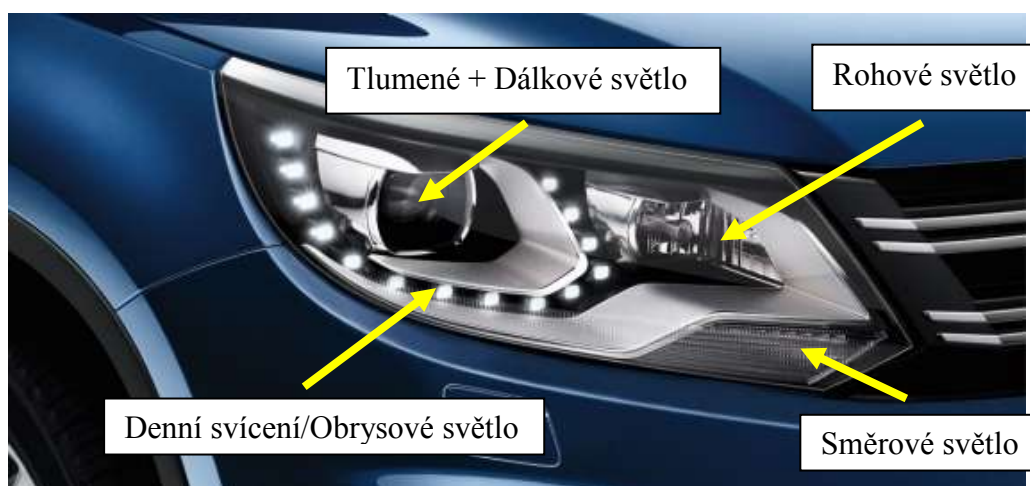
Úvod

V úvodu této diplomové práce je všeobecný přehled týkající se světlometů, dále následuje seznámení s organizací Euro NCAP, kde se podrobněji podíváme na jednu ze zkoušek týkající se čelního střetu automobilu s chodcem nazývanou „Zkouška nárazem horní části makety nohy (kyčle) do náběžné hrany kapoty“. Nedílnou součástí této práce je také navržení přípravku pro uchycení světlometu do testovacího zařízení a vytvoření MKP modelu světlometu vč. přípravku a následná simulace již zmiňovaného, ale zjednodušeného testu. Nakonec následuje návrh konstrukčních úprav světlometu vedoucích ke zvýšení ochrany chodců a ověření návrhů novými simulacemi. Součástí této práce je také sestavný výkres světlometu, sestavné a výrobní výkresy přípravku.

1. Světlomet

Světlomet je zařízení na automobilu, sloužící k osvětlení vozovky, signalizaci a v neposlední řadě dělá vozidlo viditelné za tmy, či nepříznivých povětrnostních podmínek.

1.1. Jednotlivé funkce světlometu



Obr. 1.1 Světlomet – popis funkcí [3]



Obr. 1.2 Světlomet – popis funkcí [3]

Tlumené/Potkávací světlo (Low beam)

- Slouží k osvětlení vozovky před vozidlem, aniž by nepatříčně oslňovalo nebo obtěžovalo řidiče, přijíždějící z opačného směru nebo jiné účastníky provozu

Dálkové světlo (High beam)

- Světlo, užívané k osvětlování vozovky na velkou vzdálenost před vozidlem

Obrysový/Poziční světlo (Position light)

- Slouží k označení přítomnosti vozidla a jeho šířky při pohledu zepředu

Denní svícení (DRL - Daytime running light)

- je svítlna, směřující dopředu a která činí vozidlo snadněji viditelné za jízdy ve dne

Směrové světlo (Turn indicator)

- sloužící k informaci, že řidič chce měnit směr

Mlhové světlo (Fog light)

- Slouží pro lepší osvětlení vozovky za mlhy, sněžení nebo v mračnách prachu

Rohové světlo (Corner light)

- Užívá se pro zajištění doplňujícího osvětlení té části silnice, která je v blízkosti předního okraje vozidla na straně, na kterou se vozidlo bude stáčet.

Tab. 1.1 Umístění světelných funkcí na vozidle a vyzařovací úhly

	H [mm]	L [mm]	α_1 [°]	α_2 [°]	α_3 [°]	α_4 [°]
<i>Tlumené světlo</i>	500-1200	0-400	15	10	45	10
<i>Dálkové světlo</i>	350-1500	0-400	5	5	5	5
<i>Obrysové světlo</i>	350-1500	0-400	15	15	80	45
<i>Denní svícení</i>	250-1500	0-400	10	5	20	20
<i>Směrové světlo</i>	350-1500	0-400	15	15	80	45
<i>Mlhové světlo</i>	250- nejvyšší bod tlumených světél	0-400	5	5	45	10

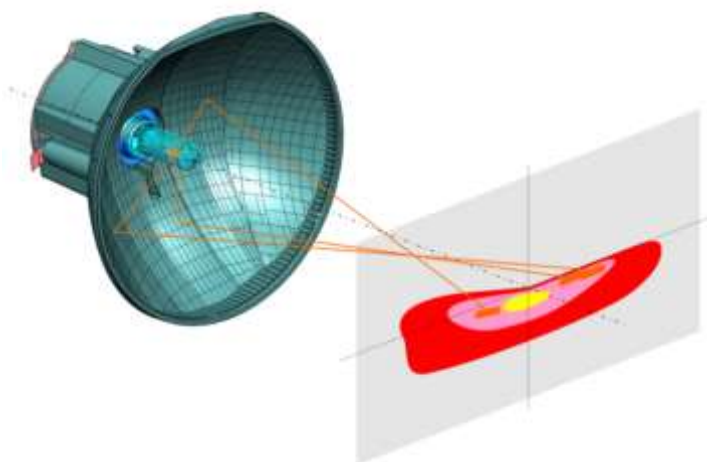


Obr. 1.3 Umístění světelných funkcí na vozidle a vyzařovací úhly [5]

1.2. Druhy osvětlovacích jednotek

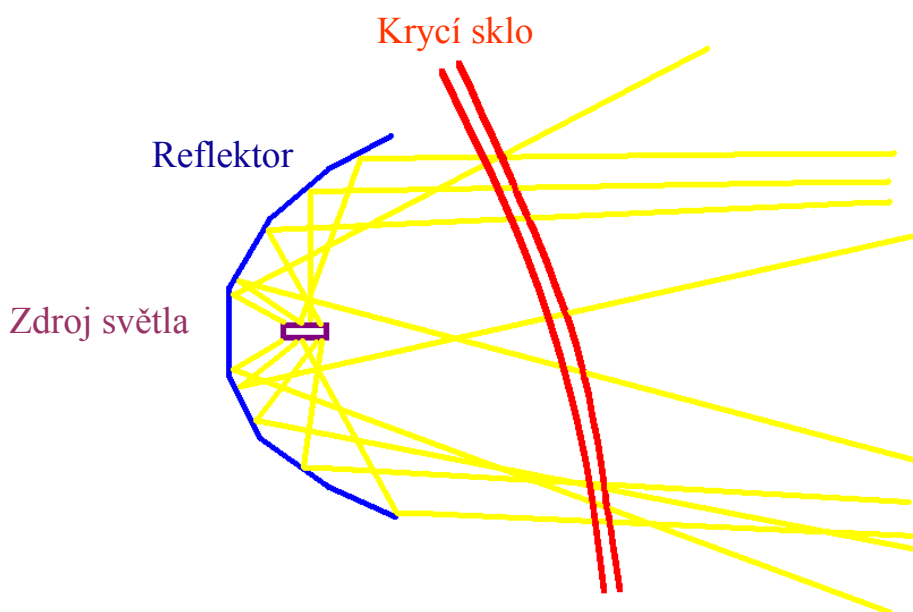
a) Reflektorové osvětlovací jednotky

Reflektor s optickou plochou (komplexní reflektor)



Obr. 1.4 Reflektor s optickou plochou [1]

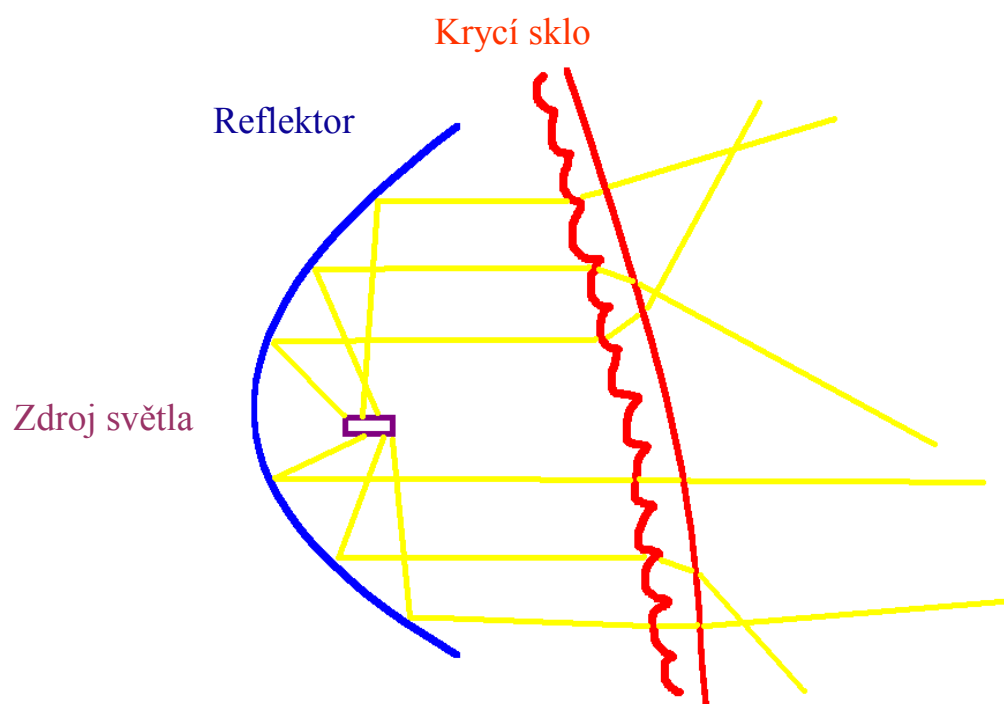
- Reflektor s volnou plochou (Free Form) - rozložení světla je dáno pouze tvarem reflektoru (komplexní reflektor)
- Krycí sklo nemá žádnou optickou funkci
- Světelnými zdroji jsou halogenové žárovky (H1, H4, H7,...), xenonové výbojky (D1S, D2S, D3S,...) nebo LED diody



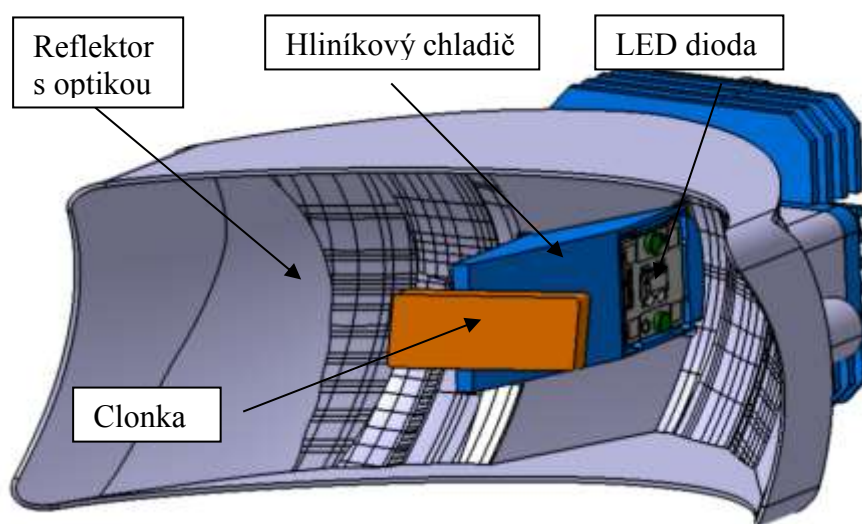
Obr. 1.5 Reflektor s optickou plochou - pohled shora [1]

Reflektor s rozptylným sklem

- Reflektor má tvar rotačního paraboloidu, vlákno žárovky je blízko ohniska
- Krycí sklo s rozptylnými dezény (klíny, válcové čočky, jejich kombinace)
- Světelnými zdroji jsou halogenové žárovky (H1, H4, H7,...)

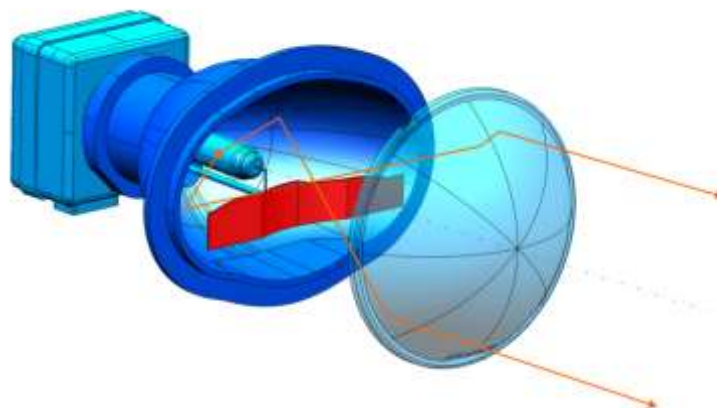


Obr. 1.6 Parabolický reflektor s rozptylným sklem – pohled shora [1]



Obr. 1.7 Reflektorový LED modul tlumeného světla [1]

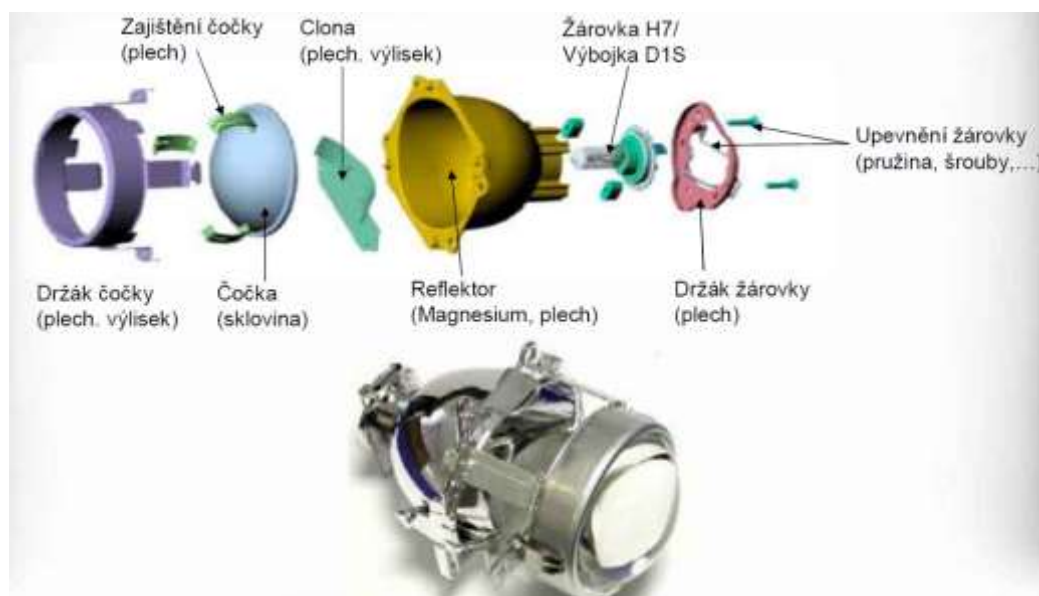
b) Projektorové osvětlovací jednotky



Obr. 1.8 Projektorový xenonový modul [1]

- Světlo emitované zdrojem světla je odraženo od reflektoru a následně pak prochází kolem clonky přes ohnisko čočky
- Obrys clonka mezi reflektorem a čočkou je promítán na silnici
- Krycí sklo je bez optiky
- Světelnými zdroji jsou halogenové žárovky (H1, H4, H7,...), xenonové výbojky (D1S, D2S, D3S,...), popř. LED diody

Modul tlumeného/dálkového světla

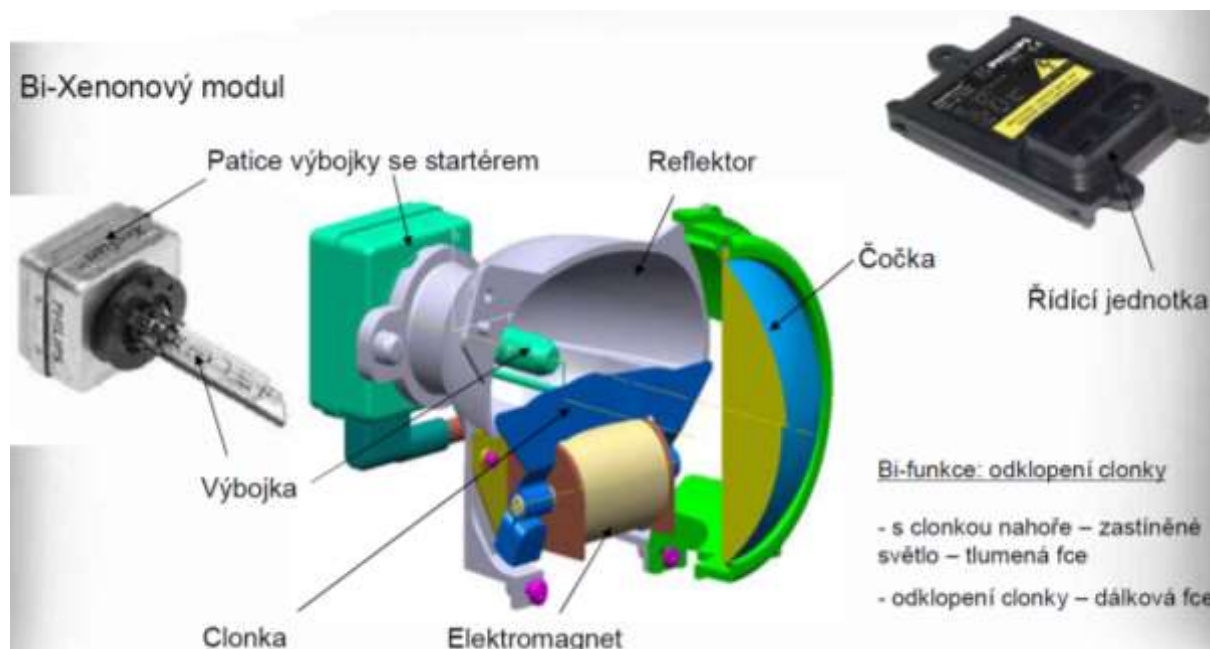


Obr. 1.9 Modul tlumeného/dálkového světla [4]

- Nejčastěji používané průměry čočky jsou průměr 63 a 70 mm
- Clonka tvořící obrys světla na silnici je chycená na pevno

Bi-modul

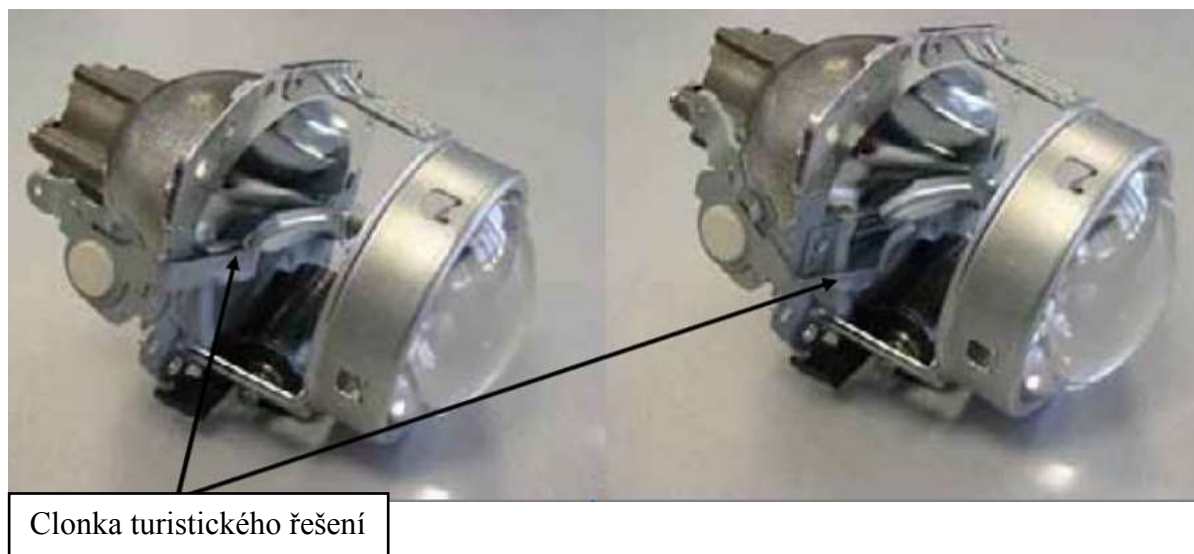
- Pomocí jedné čočky, jedné žárovky (popř. výbojky) se vytváří svazek tlumeného i dálkového světla
- Přepínání mezi svazky je realizováno pomocí elektromagnetu, který ovládá clonku
- Toto řešení má výhodu v úspoře místa ve světlometu a prodlužuje i životnost světelného zdroje



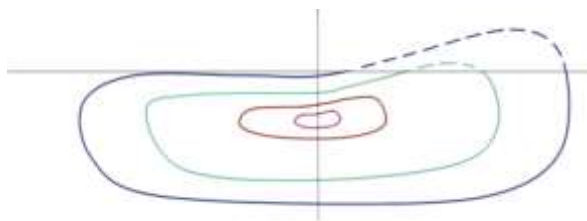
Obr. 1.10 Bi-Xenonový modul [4]

Turistické řešení pro levostranný provoz (Anglie, Austrálie)

Modul je vybaven clonkou, která odstraňuje světelný klín tlumeného světla nad horizontální osou (obr. 1.12) a nedochází tak k oslňování protijedoucího řidiče.



Obr. 1.11 Projektorový modul – turistické řešení [4]



Obr. 1.12 Isoluxový diagram světelného svazku – turistické řešení

Adaptivní světlometový systém (AFS – Adaptive frontlighting system)

- Tento systém slouží pro lepší osvětlení vozovky před a vedle vozidla, zejména při odbočování a při jízdě zatáčkou
- Je složen z několika individuálních světlených (optických) jednotek, z nichž každá vytváří specifický světelný svazek
- Činnost těchto jednotek (jejich zapnutí/vypnutí; horizontální či vertikální natočení; změna rozložení světelného svazku; apod.) je automaticky ovládána v závislosti na rychlosti vozidla, úhlu natočení volantu, zapnutí/vypnutí směrových světel, signálu navigačního systému, apod.

V průběhu jízdy změnou kombinací světelných svazků z jednotlivých jednotek je vytvářen optimální celkový světelný svazek, který poskytuje maximální možnou viditelnost dle momentálních jízdních a povětrnostních podmínek.



Obr. 1.13 Jednotlivé režimy AFS světlometu [4]

1.3. Automobilové světelné zdroje

a) Halogenové žárovky

- Využívají efekt rozžhaveného vlákna, kterým prochází elektrický proud,
- Žárovky jsou plněny halogenovým plynem (nejčastěji metylbromidem nebo bromem).



Obr. 1.14 Halogenové žárovky H1, H3, H4 [1]

Halogenové žárovky 2. Generace

- Žárovky vyvinuté a určené především pro komplexní reflektorové systémy (fazetové, free-form)
- Přesnější pozice vlákna (menší tolerance)
- Lepší poměr příkon / světelný tok
- Nižší teplota patice, u některých typů plastová patice
- Vysoká teplota skla baňky (křemičitá skla)



Obr. 1.15 Halogenové žárovky H7, H8, H9, H11 [1]

b) Xenonové výbojky

Princip

Ve skleněné baňce plněné xenonovými plyny a solemi těžkých kovů jsou umístěny 2 elektrody. Při přivedení dostatečně velkého napětí na elektrody dojde k ionizaci plynů a následnému elektrickému výboji vzniká el. Oblouk. Zvyšuje se vnitřní teplota a tlak, dochází k odpařování solí po odpaření většího množství solí je dosažen stabilní světelný tok.



Obr. 1.16 Xenonová výbojka [1]

Výhody oproti halogenovým zdrojům

- Výbojka vytváří v porovnání s halog. žárovkou H7 dvojnásobné množství světla (až 3200 lm u výbojky v porovnání s 1500 lm u žárovky H7),
- Barevná teplota světla výbojek dosahuje 4100 K v porovnání s 3200 K u halogenových žárovek, světlo je díky tomu podobnější dennímu světlu (barevná teplota denního světla je ~5200K),
- Průměrná životnost je více než 6x delší než halogenové žárovky (3000 hodin i více).

Nevýhody oproti halogenovým zdrojům

- Výbojky potřebují ke správné funkci podpůrné systémy (elektronickou řídicí jednotku a startér)
- Pro xenonové světlomety předpisy stanovují, že vůz musí být vybaven automatickým nastavováním jejich sklonu a ostřikovači světlometů

Výbojky nové generace D3 a D4 jsou s nulovým obsahem rtuti.



Obr. 1.17 Výbojky D1S/D3S, D1R/D3R, D2S/D4S, D2R/D4R [1]

Startér

- dodává napětí potřebné pro zapálení výboje (až 100 kV)
- nutné vysokonapěťové spojení výbojka / startér
- může být integrován v předradníku, v patici výbojky (D1S/R, D1S/R) nebo být umístěn samostatně



Obr. 1.18 Startér výbojky - samostatný, v patici výbojky) [1]

Elektronický předřadník (ballast)

- Upravuje napětí pro napájení výbojky
- Řídí a stabilizuje výboj, diagnostikuje jeho chování a poruchy



Obr. 1.19 Elektronický předřadník [1]

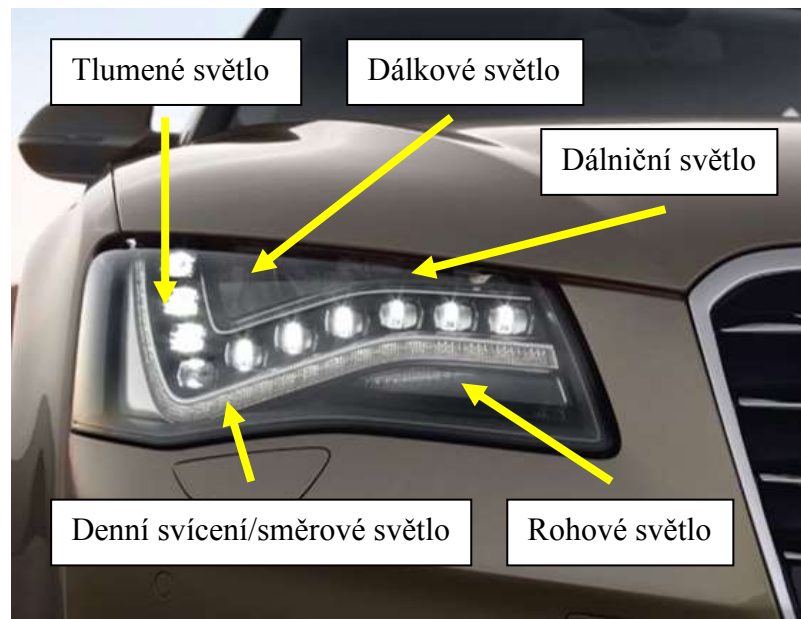
c) LED - Light Emitting Diode (světlo emitující dioda)



Obr. 1.20 LED dioda [1]

Výhody LED diod

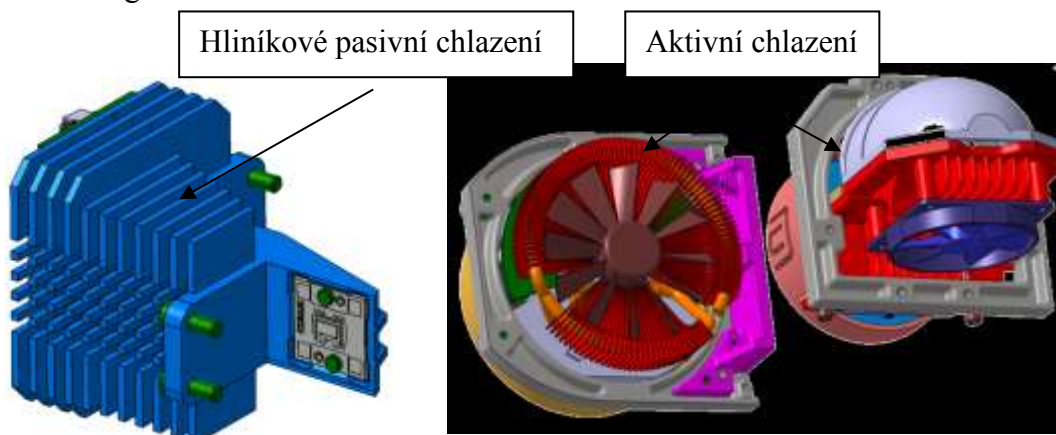
- Vysoce efektivní výbojový světelný zdroj
- Fungují na principu polovodičových destiček, které přetvářejí elektrický proud přímo na světlo
- Vydrží svítit 50 až 100 tisíc hodin, což odpovídá přibližně 10 letům nepřetržitého svícení
- Pokrytí celého barevného spektra (bílá, červená a žlutá pro světlomety a svítlny)
- Definovaný úhel světelného svazku
- Mnohonásobně úspornější než jakékoliv konvenční světelné zdroje
- Malé rozměry, umožňují variabilní design



Obr. 1.21 Celoledkový světlomet [1]

Nevýhody celoledkových světlometů z hlediska ochrany chodců

- LEDky je třeba chladit (používá se pasivní nebo aktivní chlazení – radiální, axiální)
- Hliníkové chladiče jsou těžké, rozměrné a nedeformovatelné
- Vyšší hmotnost znamená větší moment setrvačnosti, což nepříznivě ovlivňuje výsledek testů
- Těžší světlomet potřebuje pevnější a robustnější fixaci (protichůdné s ochranou chodců)
- Výrazně limitovaná možnost využít světlomet jako deformační prvek absorbující energii



Obr. 1.22 Pasivní a aktivní chlazení [1]

2. Řešení problematiky dle metodiky Euro NCAP

Euro NCAP – European New Car Assessment Programme (Evropský program hodnocení nových vozů)



Obr. 2.1 Logo organizace Euro NCAP [6]

„Euro NCAP je organizace založena v roce 1997. Dnes sídlí v Bruselu a sdružuje představitele ministerstev dopravy zemí EU, automobilových asociací, pojišťoven a zákaznických organizací. Cílem Euro NCAP je nezávislé hodnocení pasivní bezpečnosti automobilů všech značek. Tato organizace provádí evropské spotřebitelské testy bezpečnosti nových vozů. Výsledky jsou vyjádřeny přidělením určitého počtu hvězdiček. Počet hvězdiček se pohybuje od 0(nevyhovující) po 5(bezpečné). Výsledky testů jsou volně dostupné a spotřebitel si tak může jednoduše zjistit na jaké úrovni bezpečnosti je jeho vůz.“ [6]

„Během vývoje nového automobilu, ještě před uvedením na trh, musí projít každý nový model tzv. homologačními testy. Výsledky těchto testů nejsou veřejně přístupné a navíc mohou být pro každý trh trochu jiné, proto v Evropě vznikl jednotný test Euro NCAP. V roce 1998 vyšly první testy jednotného systému hodnocení Euro NCAP prováděné za srovnatelných podmínek. Na chodu těchto zkoušek se podílejí i ministerstva vlád Německa, Francie, Nizozemí, Švédska a Velké Británie. Dalšími strategickými partnery jsou Královský automobilový klub ve Velké Británii, ADAC, FIA a další.“ [6]

„Nezávislá autorizovaná zkušebna provádějící testy anonymně zakoupí vůz. Tím je zaručen náhodný výběr vozu a je vyloučeno ovlivnění ze strany automobilky. Pak jsou přizváni zástupci dané značky, kteří asistují při přípravě vozu na testy. Samotné zkoušky se pak zúčastní jako pozorovatelé. Zkouška je provedena pouze jednou.“ [6]

Euro NCAP provádí následující hlavní zkoušky:

- Čelní náraz do deformovatelné přepážky – 64 km/h
- Boční náraz – 50 km/h
- Sřet s chodcem – 40 km/h
- Boční náraz na sloupek – 29 km/h
- Test ochrany dětí
- Test ochrany krční páteře
- Test bezpečnostních systémů

Pro vyhodnocení testu slouží figuríny se senzory zrychlení, díky těmto měřením lze získat představu o namáhání těla posádky. Dále se také používají barvy, kdy se natře např. hlava barvou a zjišťuje se, zda a kde se otiskla po nárazu uvnitř vozidla. V rámci Euro NCAP se pro čelní náraz používá figurína Hybrid III a pro boční náraz figurína EuroSID I.

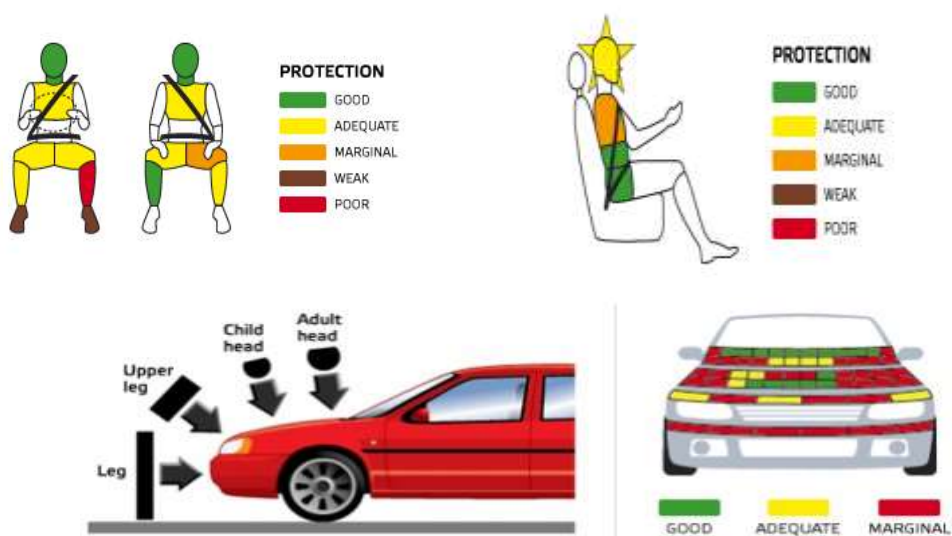
Nově jsou výsledky testů rozděleny do čtyř hlavních kategorií:

- Ochrana dospělé posádky
- Ochrana dětí
- Ochrana chodců
- Bezpečnostní systémy



Obr. 2.2 Čtyři hlavní kategorie testů [6]

Výsledky crash testů jsou vyjádřeny pomocí procent ochrany, podle nichž je přidělen počet hvězdiček, 0 – 5. Pro podrobnější a uživatelsky výhodnější vyobrazení výsledků se používá grafika těl posádky rozdělaná na jednotlivé sektory. Barva jednotlivých částí pak určuje míru možného poškození této tělesné partie. Obdobně se symbolicky vyjadřuje míra ochrany chodců při střetu s vozidlem.



Obr. 2.3 Rozdělení těla na části dle míry ochrany [6]

2.1. Zkouška nárazem horní části makety nohy (kyčle) do náběžné hrany systému čelní ochrany

Dle Euro NCAP existuje několik druhů zkoušek pro čelní náraz automobilu s chodcem. Jelikož se v této práci zabýváme světlomety, připadají v úvahu pouze dvě zkoušky:

- Zkouška nárazem dolní části makety nohy do systému čelní ochrany
- Zkouška nárazem horní části makety nohy (kyčle) do náběžné hrany systému čelní ochrany

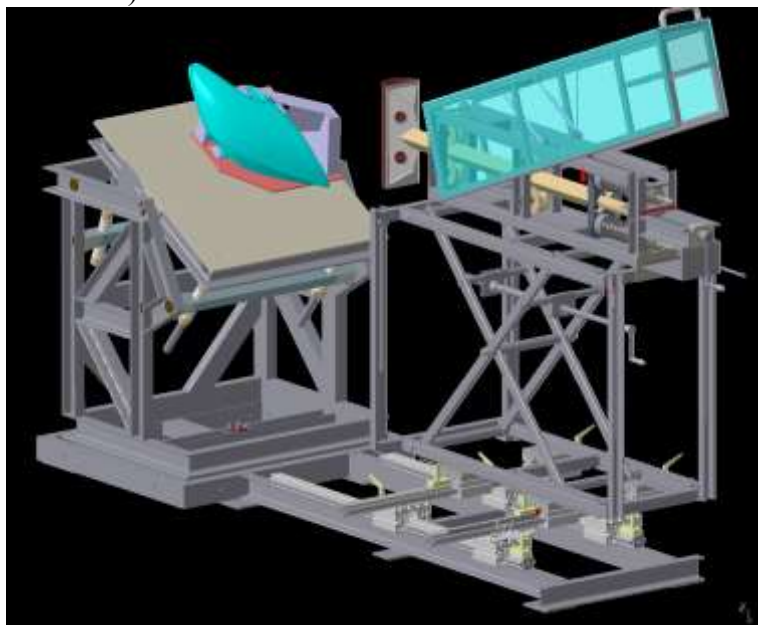
V této práci řeším pouze 2. variantu, jelikož je vhodnější pro naše účely. První test je zaměřen více na nárazník než na světlomet.

a) Obecné požadavky

Horní část makety nohy použitá jako nárazové těleso pro zkoušku nárazem do náběžné hrany kapoty se musí upevnit na hnací systém přes kloub omezující krouticí moment, aby se zabránilo vzniku vysokých výstředných zatížení poškozujících vodící systém. Vodicí systém se vybaví lištami s nízkým třením, necitlivými na výstředná zatížení, které umožňují nárazovému tělesu pohyb pouze v předepsaném směru nárazu po dobu dotyku s vozidlem. Vodicí lišty brání pohybu v jiných směrech včetně rotace kolem libovolné osy.

Nárazové těleso může být poháněno pneumaticky, pružinou nebo hydraulicky nebo jinými prostředky s prokazatelně stejnými výsledky.

Firma Varroc Lighting Systems má svou vlastní zkušebnu v prostorách VŠB TU-Ostrava, kde se zkoušky provádí na testovacím zařízení s pružinou poháněným impaktorem. (viz obr. 2.4)



Obr. 2.4 Testovací zařízení [1]

b) Popis zkoušky

Provedou se nejméně tři zkoušky nárazem horní části makety nohy do náběžné hrany kapoty, po jedné do střední a do obou krajních třetin náběžné hrany kapoty v místech, která mohou nejpravděpodobněji způsobit poranění. Zkušební bod se nicméně v každé třetině volí tak, aby požadovaná kinetická energie nárazu překročila 200 J, pokud je takový bod k dispozici. Jestliže se konstrukční prvky v hodnocené oblasti liší, provádějí se zkoušky na prvcích různých druhů. Vybrané zkušební body se volí ve vzdálenosti nejméně 150 mm od sebe a nejméně 75 mm od definovaných vztažných rohových bodů. Tyto nejmenší vzdálenosti se stanoví ohebnou páskou těsně napjatou podél vnějšího povrchu vozidla. Místa zkoušená zkušebními se zaznamenají ve zkušebním protokolu. Veškerá standardní výbava předku vozidla je zabudována na svém místě.

c) Zkušební postup

- I. Nárazové těleso nebo alespoň pěnová svalovina se uchovávají po dobu nejméně čtyř hodin v kontrolovaných skladovacích prostorech se stabilizovanou vlhkostí $35\% \pm 15\%$ a stabilizovanou teplotou $(20 \pm 4) ^\circ\text{C}$ před vyjmutím nárazového tělesa kvůli provedení zkoušky. Po vyjmutí ze skladovacích prostor nesmí být nárazové těleso vystaveno jiným podmínkám než těm na zkušebním místě.
- II. Každá zkouška musí být dokončena do dvou hodin od vyjmutí používaného nárazového tělesa z kontrolovaných skladovacích prostor.
- III. Horní část makety nohy použitá jako nárazové těleso se vyrovná tak, aby střednice hnacího systému a podélná osa nárazového tělesa byly paralelní ke svislé podélné rovině zkoušeného vozidla. Povolená odchylka od těchto směrů činí $\pm 2^\circ$. V okamžiku prvního dotyku musí střednice nárazového tělesa souhlasit se vztažnou čarou náběžné hrany kapoty s dovolenou odchylkou ± 10 mm a příčně vzhledem k vybranému místu nárazu také s dovolenou odchylkou ± 10 mm.
- IV. Dovolena odchylka pro rychlost nárazu činí $\pm 2\%$ a pro směr nárazu $\pm 2^\circ$. Účinek gravitace se bere v úvahu, jestliže se rychlost nárazu odvozuje z měření před okamžikem prvního dotyku. Hmotnost horní části makety nohy použité jako nárazové těleso se musí měřit s přesností vyšší než $\pm 1\%$, a pokud se naměřená hodnota liší od požadované hodnoty, upraví se také požadovaná rychlost.
- V. Určení tvaru vozidla
 - Vztažná čára náběžné hrany kapoty
 - Pro úsek náběžné hrany kapoty, který se má zkoušet, se určí výška náběžné hrany kapoty a přesah nárazníku
- VI. Požadovaná rychlost nárazu a směr nárazu v závislosti na hodnotách výšky náběžné hrany kapoty a přesahu nárazníku stanovených se odečtou z grafů znázorněných na obrázcích 2.15 a 2.16.
- VII. Celková hmotnost horní části makety nohy použité jako nárazové těleso zahrnuje konstrukční části hnacího a vodícího systému, které jsou částí nárazového tělesa během nárazu, včetně přídatných závaží.

Hodnota hmotnosti horní části makety nohy použité jako nárazové těleso se vypočte z rovnice:

$$M = \frac{2 \cdot E}{V^2} \quad (2.1)$$

kde:

M...hmotnost [kg],

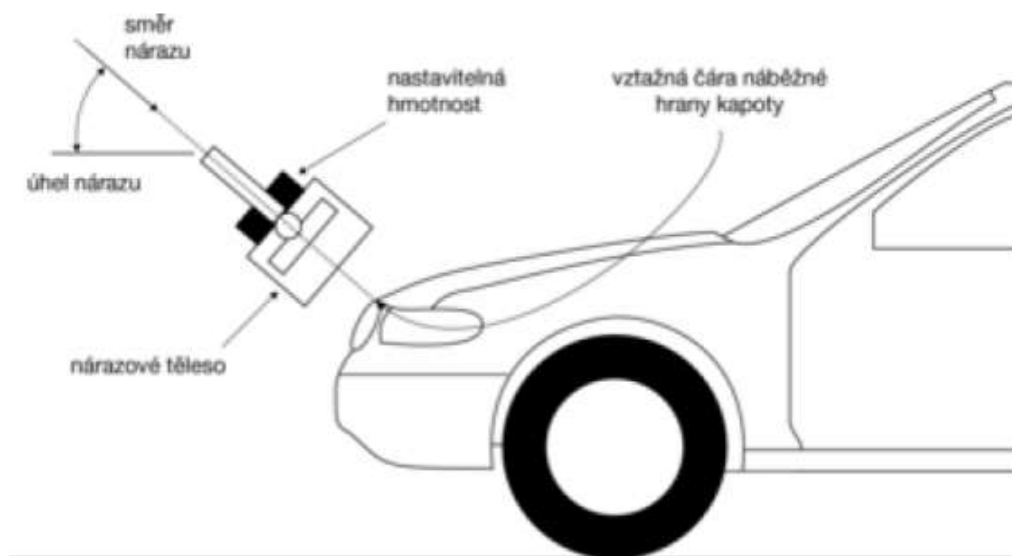
E...energie nárazu [J],

V...rychlost [m/s].

Požadovaná rychlost odpovídá hodnotě stanovené podle bodu 2.3.1. Energie v závislosti na hodnotách výšky náběžné hrany kapoty a přesahu nárazníku stanovených podle bodu 2.3.1 se odečte z grafu znázorněného na obrázku 2.17.

Hmotnost horní části makety nohy použité jako nárazové těleso se může odchýlit od vypočtené hodnoty do $\pm 10 \%$ za předpokladu, že se také podle výše uvedené rovnice změní požadovaná rychlost nárazu, aby se dosáhlo stejné kinetické energie.

- VIII. Přídavná závaží potřebná k dosažení hodnoty hmotnosti horní části makety nohy použité jako nárazové těleso, se upevní na zadní stranu zadního členu nárazového tělesa nebo na součásti vodícího systému, které jsou součástí nárazového tělesa během nárazu.



Obr. 2.5 Zkouška nárazem horní části makety nohy do náběžné hrany systému čelní ochrany [2]

2.2. Výpočet zatížení zadaného světlometu pro testování nárazu s chodcem se zaměřením na náraz kyčle (Upper leg impact) dle Euro NCAP

Světlomet, kterým se zde zabývám je celoledkový prototyp světlometu pro VW Scirocco navržený firmou Varroc Lighting Systems s.r.o.

Při tomto výpočtu budeme počítat pouze zjednodušenou verzi tohoto testu, kdy počítáme pouze zatěžující sílu impaktoru a ne i jeho moment.

Software, ve kterém řeším design, a ve kterém mi byla poskytnuta 3D data světlometu vč. Okolí (část karoserie automobilu, části motorového prostoru, atd.) je Catia V5.



Obr. 2.6 VW Scirocco [3]



Obr. 2.7 Celoledkový světlomet pro VW Scirocco

a) Určení vztažné geometrie zadaného automobilu

Určení vztažné čáry náběžné hrany kapoty

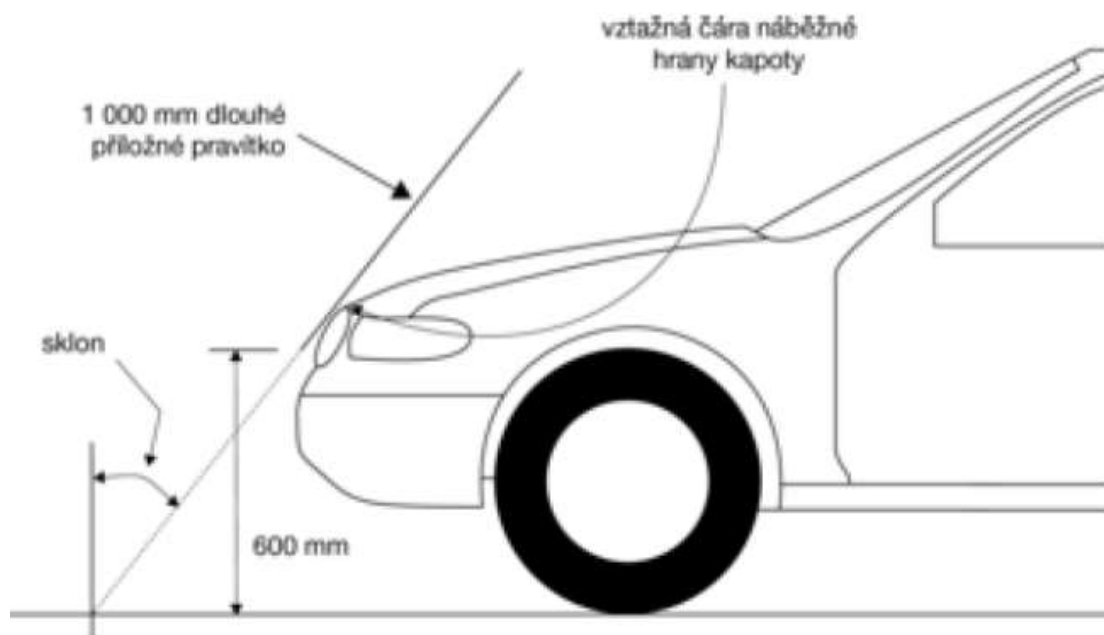
„Vztažná čára náběžné hrany kapoty je geometrické místo bodů dotyku 1 000 mm dlouhého příložného pravítka s předním povrchem kapoty, když se příložným pravítkem udržovaným v poloze rovnoběžné se svislou podélnou rovinou vozidla, skloněným v úhlu 50° od svislice a s dolním koncem 600 mm nad vozovkou pohybuje příčně podél náběžné hrany kapoty tak, že se jí stále dotýká (viz obrázek 2.8).

U vozidel s horním povrchem kapoty skloněným v úhlu 50° , takže příložné pravítko vykazuje spíše souvislý nebo vícenásobný dotyk než bodový, se vztažná čára stanoví s pravítkem skloněným v úhlu 40° od svislice směrem dozadu.

Je-li vozidlo takového tvaru, že se v určitém místě podél šířky vozidla dotkne povrchu vozidla nejprve spodní konec příložného pravítka, považují se pro vztažnou čáru náběžné hrany kapoty v této postranní poloze body dotyku v této poloze.

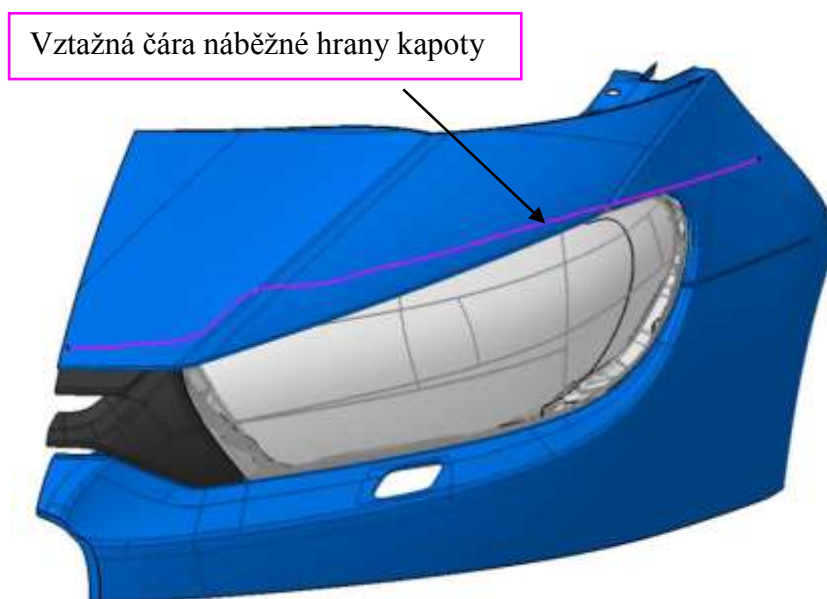
Je-li vozidlo takového tvaru, že se v určitém místě podél šířky vozidla dotkne povrchu vozidla nejprve horní konec příložného pravítka, považuje se za vztažnou čáru náběžné hrany kapoty v této postranní poloze dosah ovinutí 1 000 mm.

Jestliže se příložné pravítko v průběhu tohoto postupu dotkne horní hrany nárazníku, považuje se tato hrana rovněž za náběžnou hranu kapoty.“ [2]



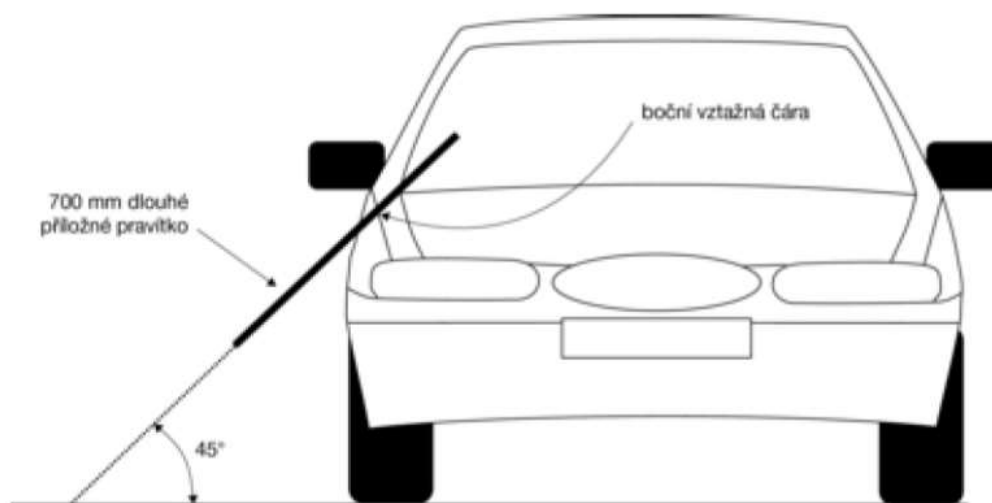
Obr. 2.8 Určení vztažné čáry náběžné hrany kapoty dle Euro NCAP [2]

Dle metodického postupu Euro NCAP jsem v softwaru Catia V5 stanovil vztažnou čáru náběžné hrany automobilu. Viz obr. 2.9.



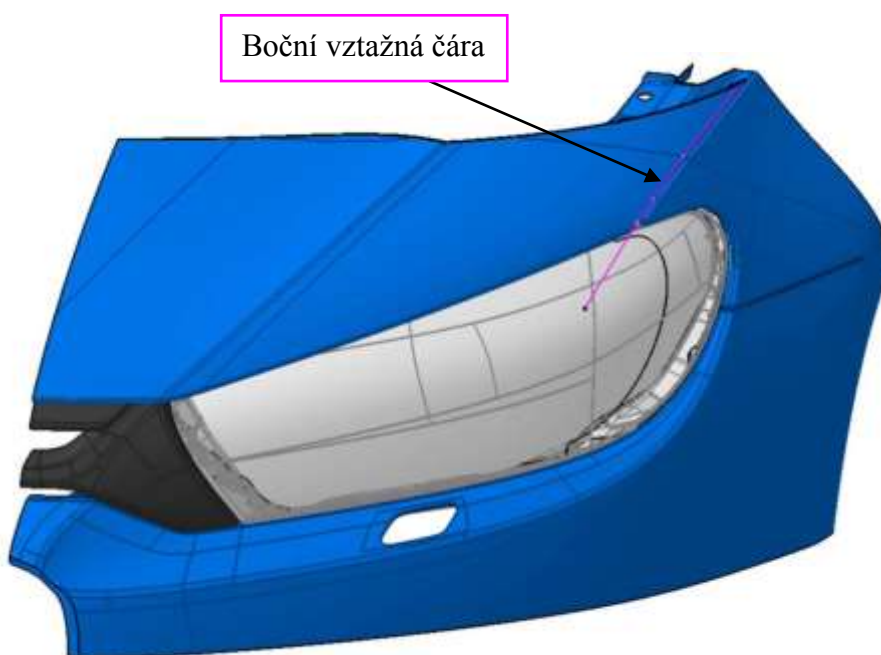
Obr. 2.9 Určení vztažné čáry náběžné hrany kapoty

Určení boční vztažné čáry



Obr. 2.10 Určení boční vztažné čáry dle Euro NCAP [2]

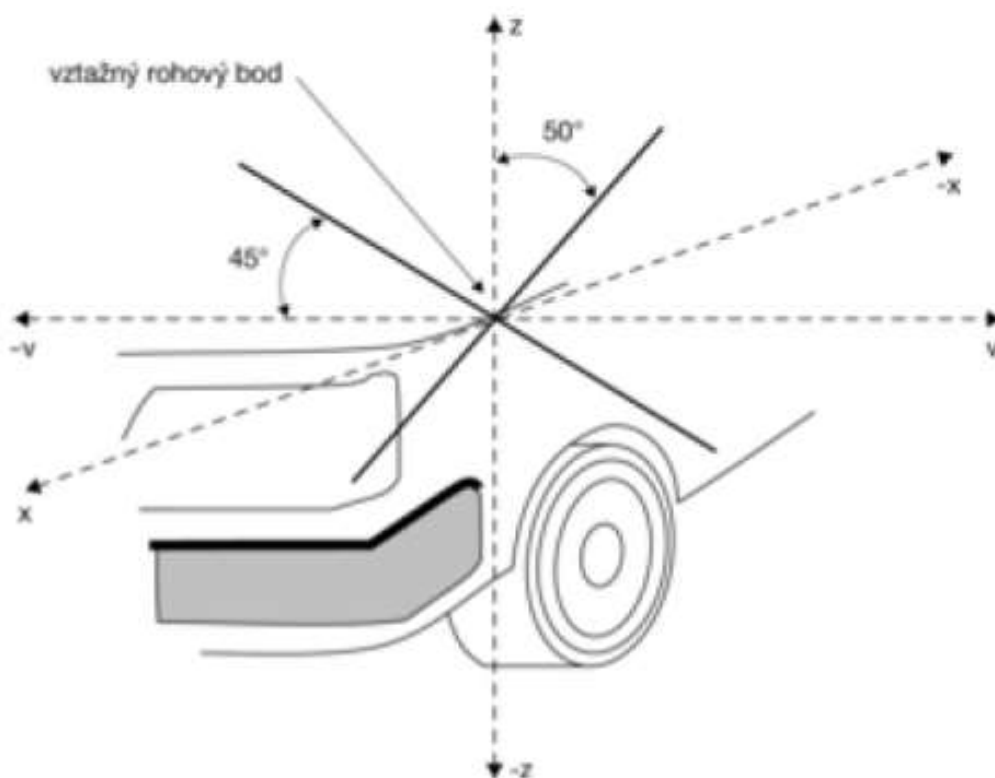
Dle metodického postupu Euro NCAP jsem dále stanovil boční vztažnou čáru automobilu. Viz obr. 2.11.



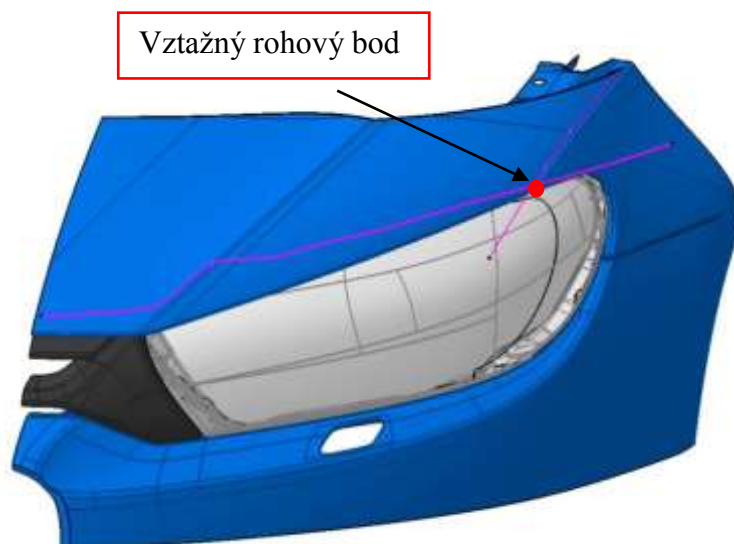
Obr. 2.11 Určení boční vztažné čáry

Určení vztažného rohového bodu

Vztažný rohový bod se určí jako průsečík vztažné čáry náběžné hrany kapoty s boční vztažnou čárou.



Obr. 2.12 Určení vztažného rohového bodu [2]

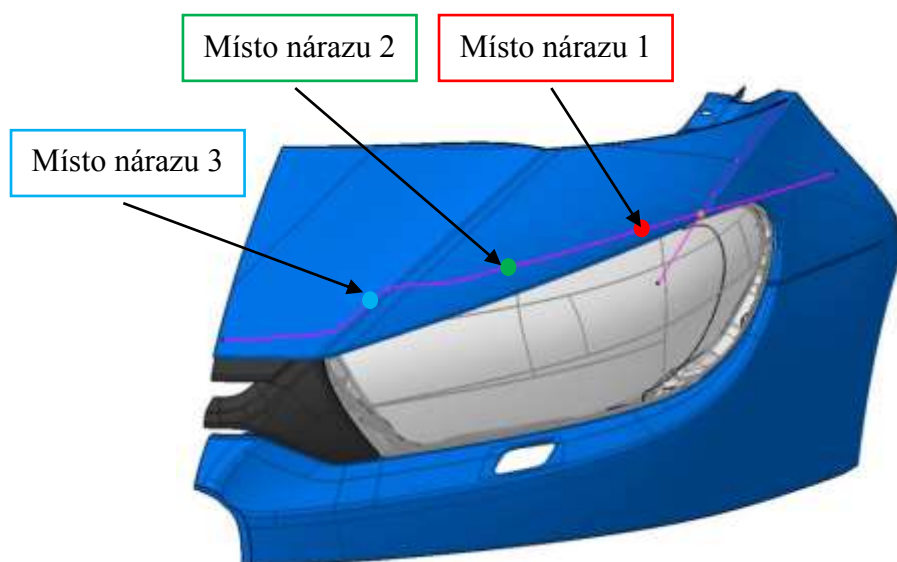


Obr. 2.13 Určení vztažného rohového bodu

Určení místa nárazu impaktoru

Vybrané zkušební body se volí ve vzdálenosti nejméně 150 mm od sebe a nejméně 75 mm od definovaných vztažných rohových bodů. Rozměry jsou brány jako vzdálenosti po vztažné čáře náběžné hrany.

Volím vzdálenost bodu od vztažného rohového bodu 75mm a vzdálenost mezi dalšími body 150mm viz obr. 2.14.



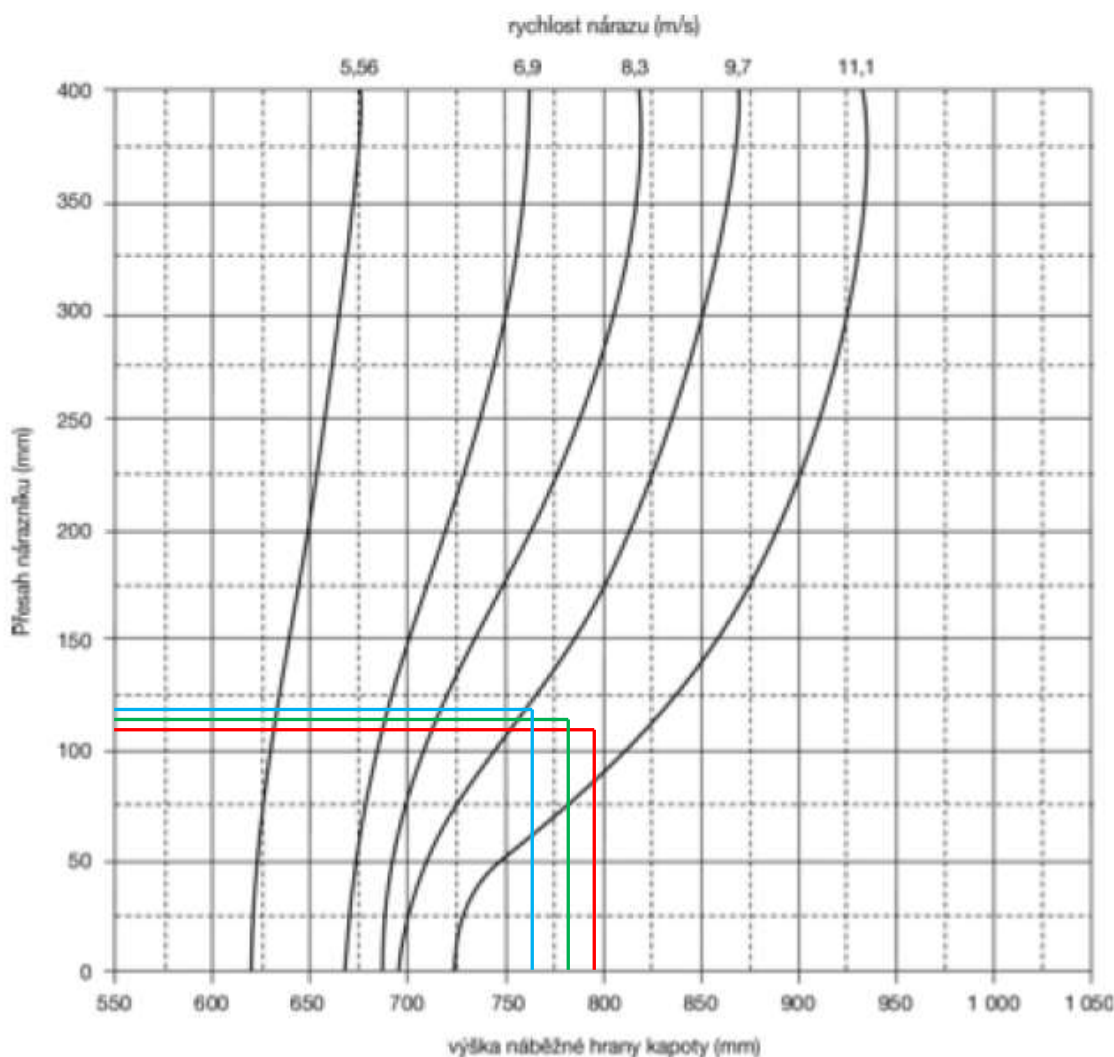
Obr. 2.14 Určení místa nárazu impaktorů

b) Výpočet zatížení v jednotlivých bodech nárazu

Určení rychlosti nárazu impaktoru

Tab. 2.1 Hodnoty odečtené z 3D modelu:

	Přesah nárazníku [mm]	Výška náběžné hrany kapoty [mm]
Místo nárazu 1	111	798
Místo nárazu 2	113,5	780
Místo nárazu 3	116,5	760



Obr. 2.15 Rychlost nárazu při zkouškách nárazem horní části makety nohy do náběžné hrany kapoty v závislosti na tvaru vozidla [2]

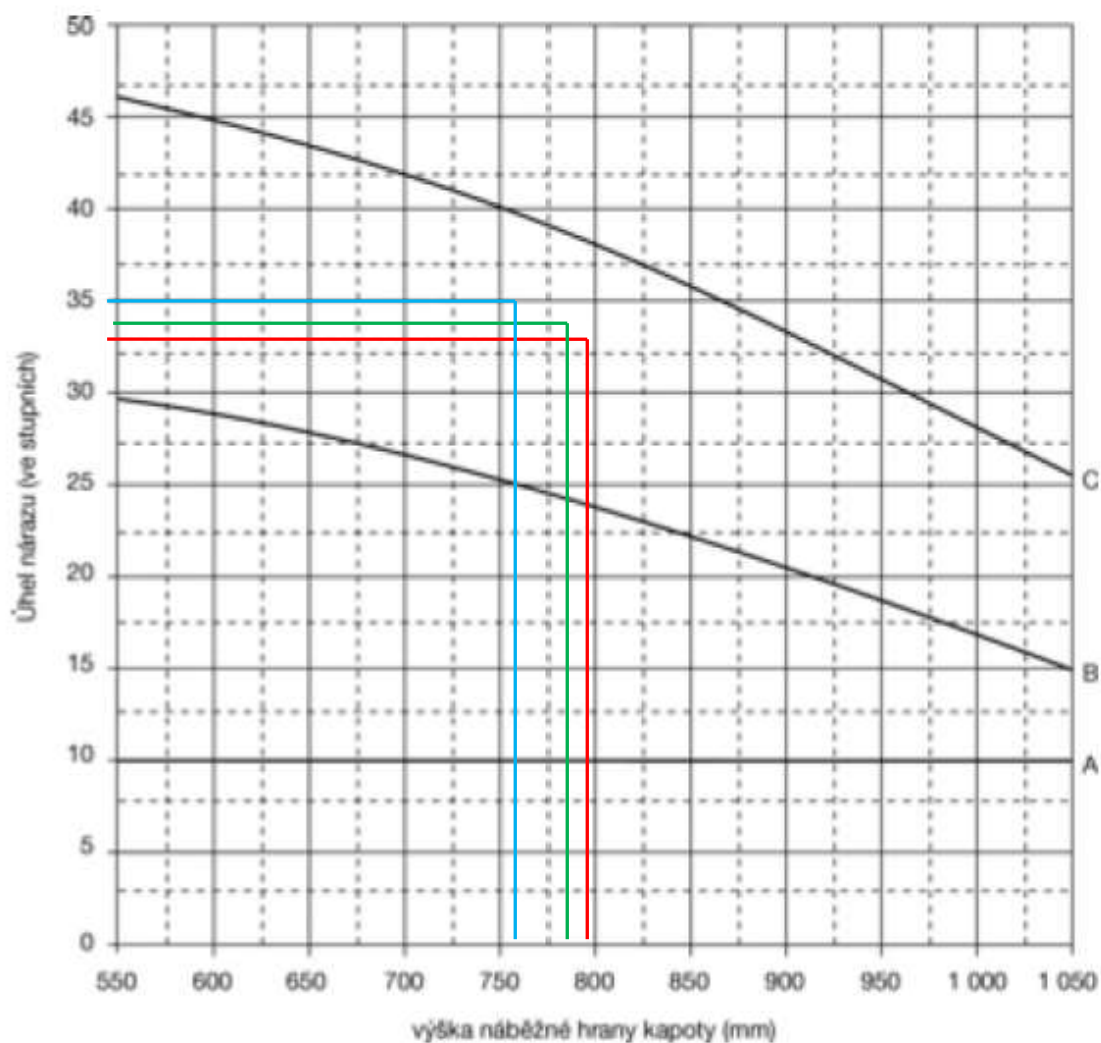
Poznámky:

- Interpolovat vodorovně mezi křivkami
- Při výsledku pod 5,56 m/s – zkoušet při 5,56 m/s.
- Při výsledku nad 11,1 m/s – zkoušet při 11,1 m/s.
- Při záporném přesahu nárazníku – zkoušet jako pro nulový přesah nárazníku.
- Při přesahu nárazníku nad 400 mm – zkoušet jako pro 400 mm.

Z grafu jsem odečetl tyto výsledné rychlosti:

$v_1=10,8\text{m/s}$; $v_2=10,5\text{m/s}$; $v_3=9,8\text{m/s}$

Určení úhlu nárazu impaktoru



Obr. 2.16 Úhel nárazu při zkouškách nárazem horní části makety nohy do náběžné hrany kapoty v závislosti na tvaru vozidla [2]

A = přesah nárazníku 0mm, B = přesah nárazníku 50mm C = přesah nárazníku 150mm

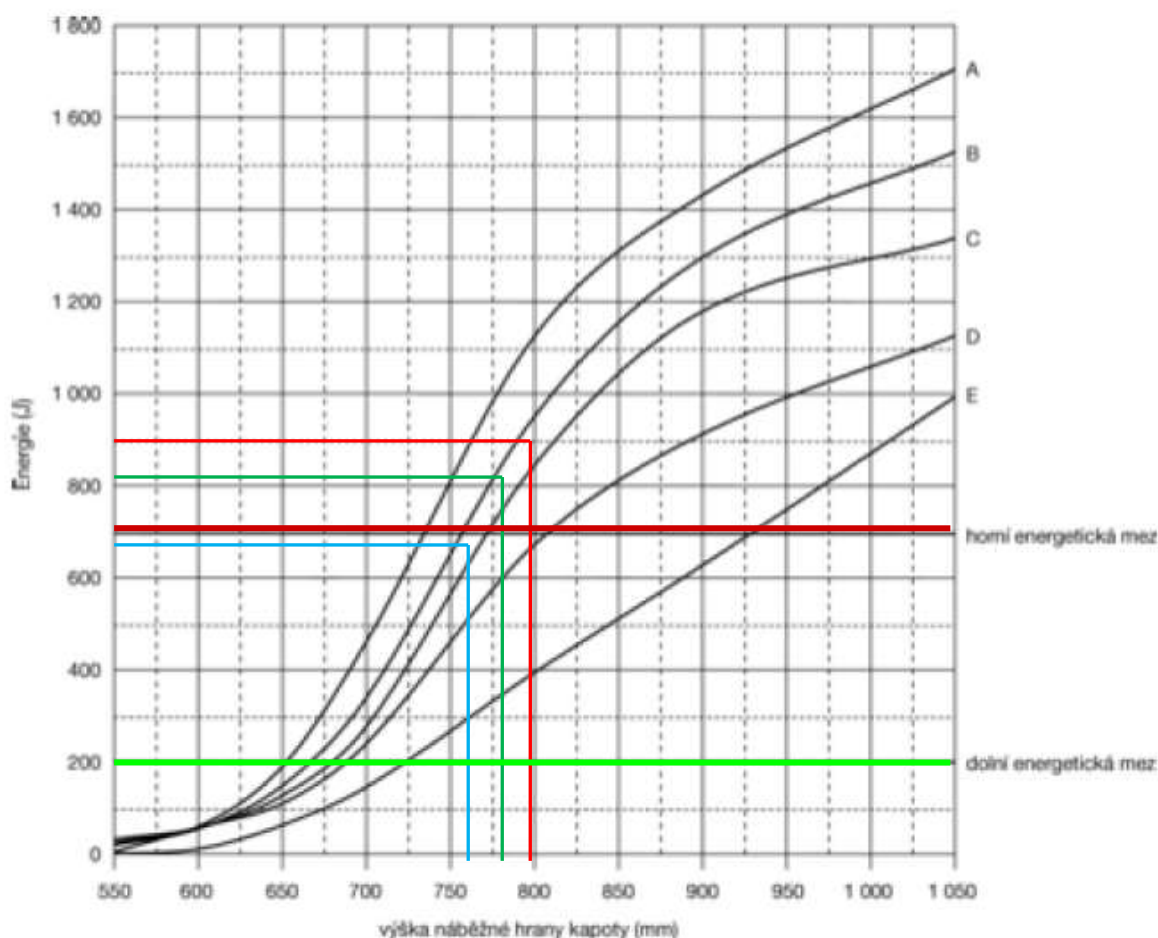
Poznámky:

- Interpolovat svisle mezi křivkami
- Při záporném přesahu nárazníku zkoušet jako pro nulový přesah nárazníku
- Při přesahu nárazníku nad 150 mm zkoušet jako při 150 mm
- Při výškách náběžné hrany kapoty nad 1 050 mm zkoušet jako při 1 050 mm

Z grafu jsem odečetl tyto výsledné úhly:

$$\alpha_1=33^\circ; \alpha_2=34^\circ; \alpha_3=35^\circ$$

Určení kinetické energie impaktoru



Obr. 2.17 Kinetická energie při zkouškách nárazem horní části makety nohy do náběžné hrany kapoty v závislosti natvaru vozidla [2]

A = přesah nárazníku 50mm, B = přesah nárazníku 100mm, C = přesah nárazníku 150mm, D = přesah nárazníku 250mm, E = přesah nárazníku 350mm

Poznámky:

- Interpolovat svisle mezi křivkami
- Při přesahu nárazníku pod 50 mm zkoušet jako při 50 mm
- Při výškách náběžné hrany kapoty nad 1 050 mm zkoušet jako při 1 050 mm
- Při požadované kinetické energii nad 700 J zkoušet při 700 J
- Při požadované kinetické energii rovné 200 J nebo nižší zkoušky se nepožadují
- Při přesahu nárazníku nad 350 mm zkoušet jako při 350 mm

Z grafu jsem odečetl tyto výsledné energie:

$E_1=900 \text{ J}$; $E_2=820 \text{ J}$; $E_3=660 \text{ J}$

Přesáhnou-li hodnoty energie horní energetickou mez (700 J), automobil se testuje pouze na hodnotu této meze. Naopak nepřesáhne-li energie více než 200 J tedy dolní energetickou mez, nemusí se automobil vůbec testovat a dostává plný počet bodů.

Hodnoty, které jsem vypočetl, jsou směrodatné pouze pro testování celého automobilu, kdy část energie pohltí karoserie a další části vozu. Mým úkolem je, ale testovat pouze světlomet uchycený na tuhém přípravku. Prozatímní praxe ukazuje, že testovat samotný světlomet jako deformační člen při více než 400 J nemá význam. Tudíž volím energii $E=E_1=E_2=E_3=400\text{ J}$.

Výpočet modelu světlometu uchyceného v přípravku, který se snaží, co nejvěrněji nahradit chování uchycení světlometu ve vozidle se používá pro první přiblížení s jeho chováním. Pokud je to možné, je snaha také aplikovat do přípravku i části nahrazující okolní součásti ve vozidle.

Výhodou tohoto postupu je, že se výrobek zkouší ještě ve fázi CAD modelu, bez nutnosti výroby drahých prototypů. Dají se tak částečně najít a odladit stěžejní místa, dříve než se vyrobí finální prototyp pro fyzický test celého automobilu. Tento test se provádí pouze jednou a pouze pro jeden zvolený bod.

Naopak nevýhodou zůstává, že chování modelu v přípravku, nemusí plně odpovídat chování světlometu zastavěnému ve vozidle, jelikož se přípravek konstruuje jako absolutně tuhé těleso, což do jisté míry výsledky zkresluje.

Určení hmotnosti impaktoru

Z výsledné energie a rychlosti určím hmotnost impaktoru v jednotlivých bodech nárazu. Pro simulační výpočet měním hmotnost impaktoru, z důvodu zachování vypočtené energie a rychlosti. Při fyzickém testu pak zůstává hmotnost impaktoru stejná a mění se rychlost.

$$M_1 = \frac{2 \cdot E_1}{V_1^2} = \frac{2 \cdot 400}{10,8^2} = 6,86\text{kg} \quad (2.2)$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot E_2}{V_2^2} = \frac{2 \cdot 400}{10,5^2} = 7,26\text{kg} \quad (2.3)$$

$$M_3 = \frac{2 \cdot E_3}{V_3^2} = \frac{2 \cdot 400}{9,8^2} = 8,33\text{kg} \quad (2.4)$$

kde:

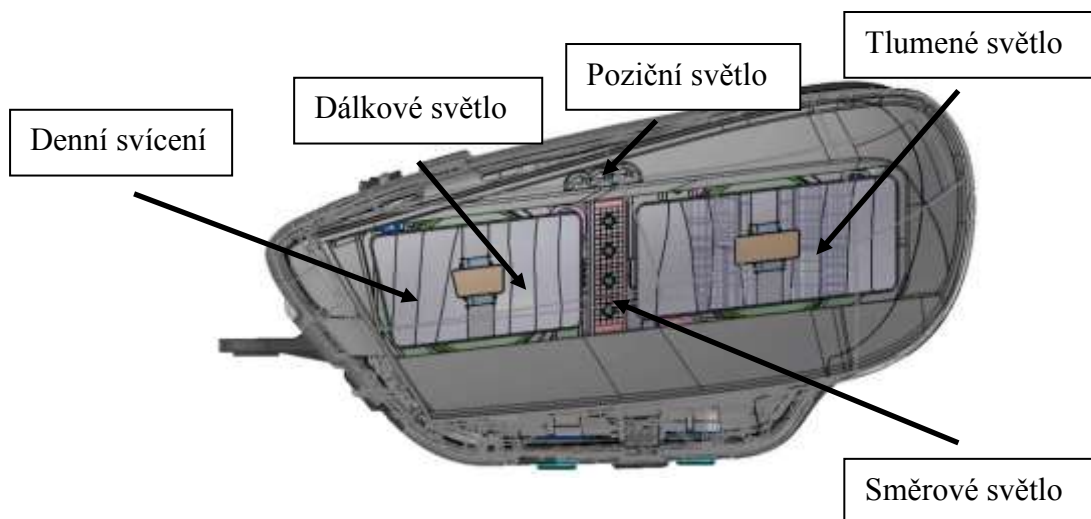
M_i ...hmotnost impaktoru v jednotlivých bodech nárazu [kg],

E ...energie nárazu v jednotlivých bodech nárazu [J],

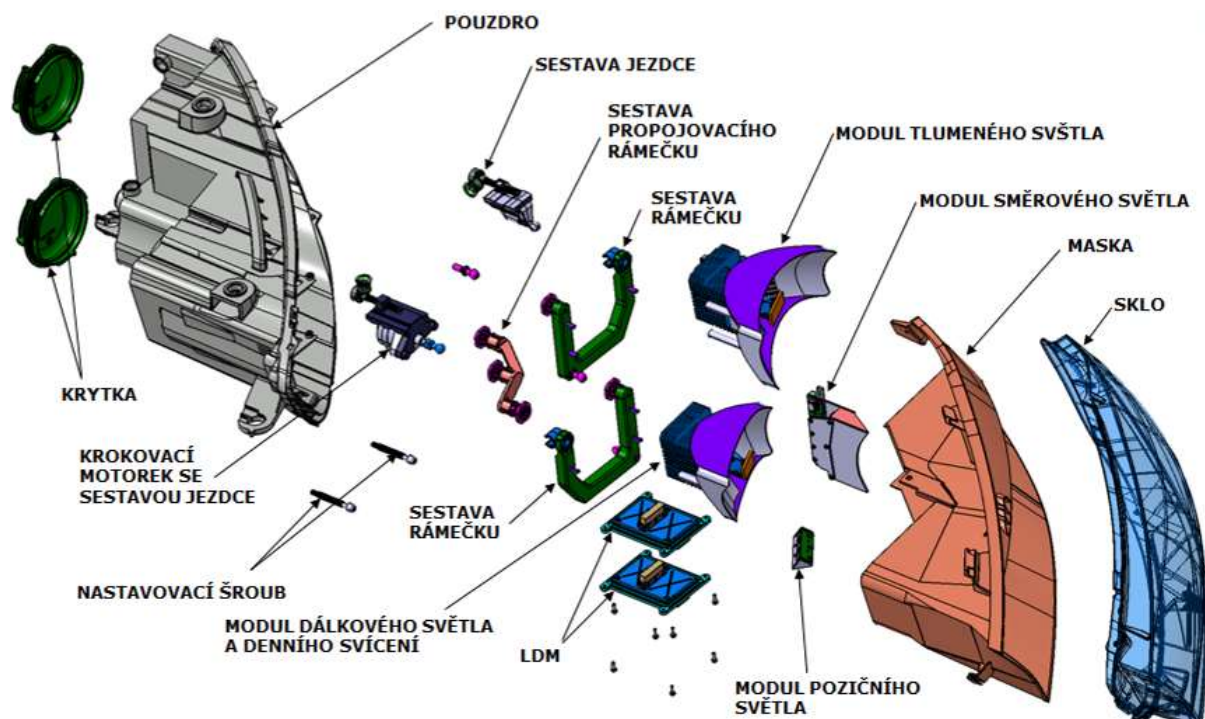
V_i ...rychlost impaktoru v jednotlivých bodech nárazu [m/s].

3. Vytvoření MKP modelu zadaného světlometu

3.1. Popis zadaného světlometu



Obr. 3.1 Popis funkcí světlometu

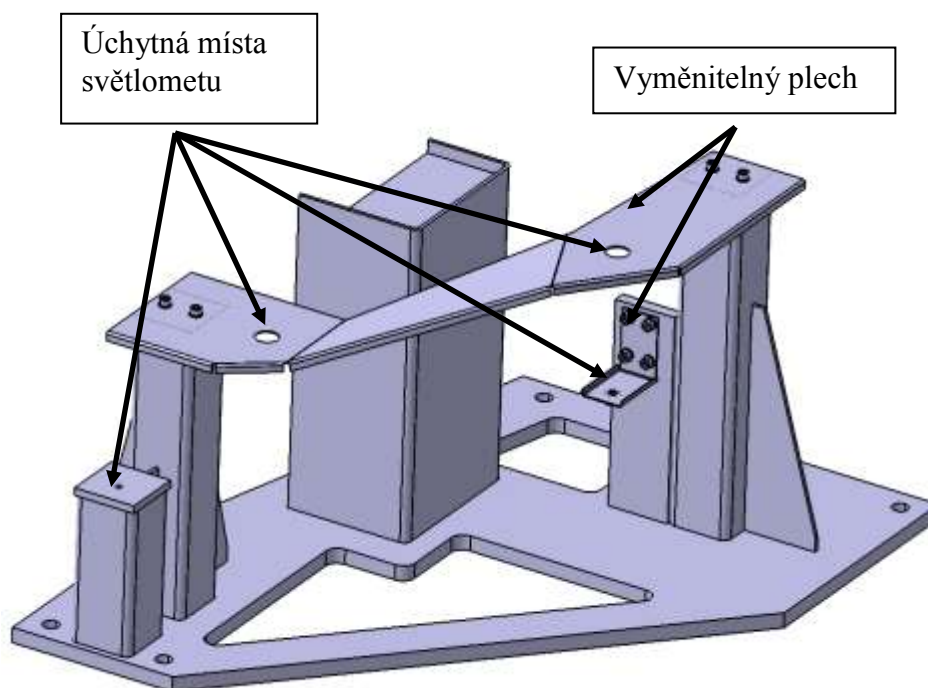


Obr. 3.2 Rozpad světlometu

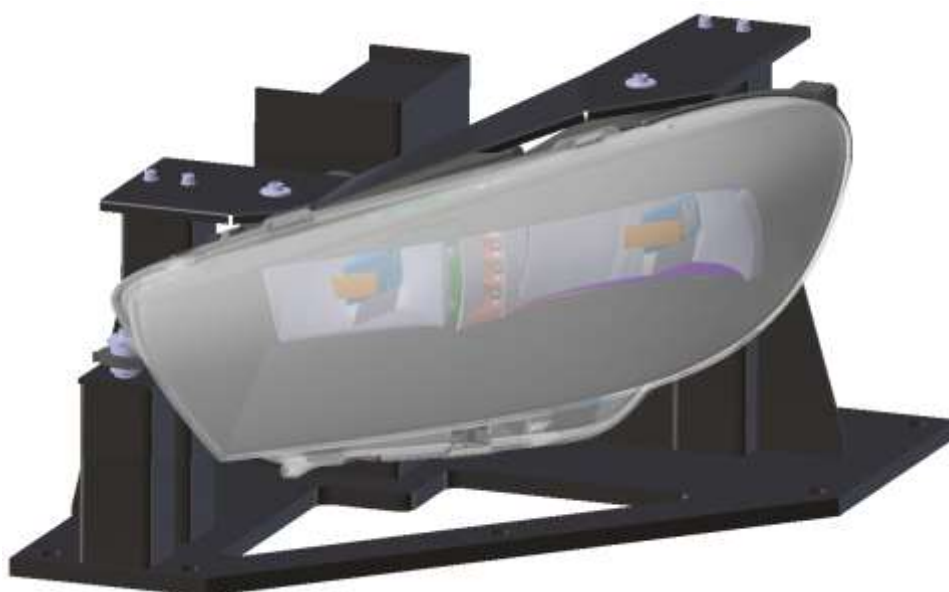
3.2. Návrh přípravku

Přípravek bude sloužit pro uchycení světlometu do testovacího zařízení, přičemž je zachován stejný fixační koncept jako na voze a dále pak by měl částečně nahrazovat okolí za světlometem v motorové části automobilu. Přípravek navrhnutý v programu Catia V5 je rovněž zahrnut do výpočtové simulace spolu se světlometem.

Přípravek je navržen jako svařenec plechů a čtyřhranných trubek a je opatřen dvěma přišroubovanými úchytnými plechy, které nahrazují úchytné části karosérie pro světlomet. Po každém testu dojde k jejich zdeformování a musí se vyměnit (viz obr. 3.3).



Obr. 3.3 Přípravek pro uchycení světlometu



Obr. 3.4 Přípravek s uchyceným světlometem

3.3. Vytvoření MKP modelu světlometu a navrženého přípravku

MKP model budu vytvářet v programu s názvem ANSA.

Postup pro vytvoření MKP modelu:

I. Z CAD modelu vytvořit soubory s příponou STP nebo STEP

Soubory vytvořené v Catii V5 nejsou kompatibilní s výpočtovým programem ANSA a proto se musí převádět na příponu STP nebo STEP.

II. Nastavit parametry sítě

Po doporučení z praxe jsem nastavil délku sítě 2mm pro světlomet a 10mm pro přípravek.

III. Zkontrolovat geometrii a opravit případné chyby

Při importu 3D dat do programu ANSA může dojít k určitým chybám, kdy původní geometrie vytvořená v jiném softwaru je nějak zdeformována, překrývá se několik hran přes sebe v místě, kde se sbíhá více ploch, popř. nějaká plocha proniká do jiné, atd. Aby se mohlo pokračovat dále ve vytváření MKP modelu, musí být tato geometrie zcela opravena a bez chyb, tím také předejdeme případným následným chybám, při samotném výpočtu.

IV. Vypočítat střednici

Při importu 3D dat ANSA nahradí objemové těleso za duté těleso vytvořené z vnitřních a vnějších ploch. Vypočtení střednice pak znamená, že se plochy dutého tělesa nahradí pouze jednou vysítovanou střední plochou.

V. Přiřadit vlastnosti jednotlivým dílům

Takto vytvořenou střednici uložíme jako tzv. KEY file, který se dále zpracovává ve výpočtovém programu LS-DYNA. Zde se vygenerované střednici přiřadí hladina a hladině pak příslušná tloušťka a materiál. Každá střednice se dá také rozdělit do libovolného počtu hladin, tudíž jeden díl světlometu může mít více různých tloušťek stěn v určitých místech či jiných vlastností přiřazených dané hladině.

VI. Nastavit okrajové podmínky pro výpočet

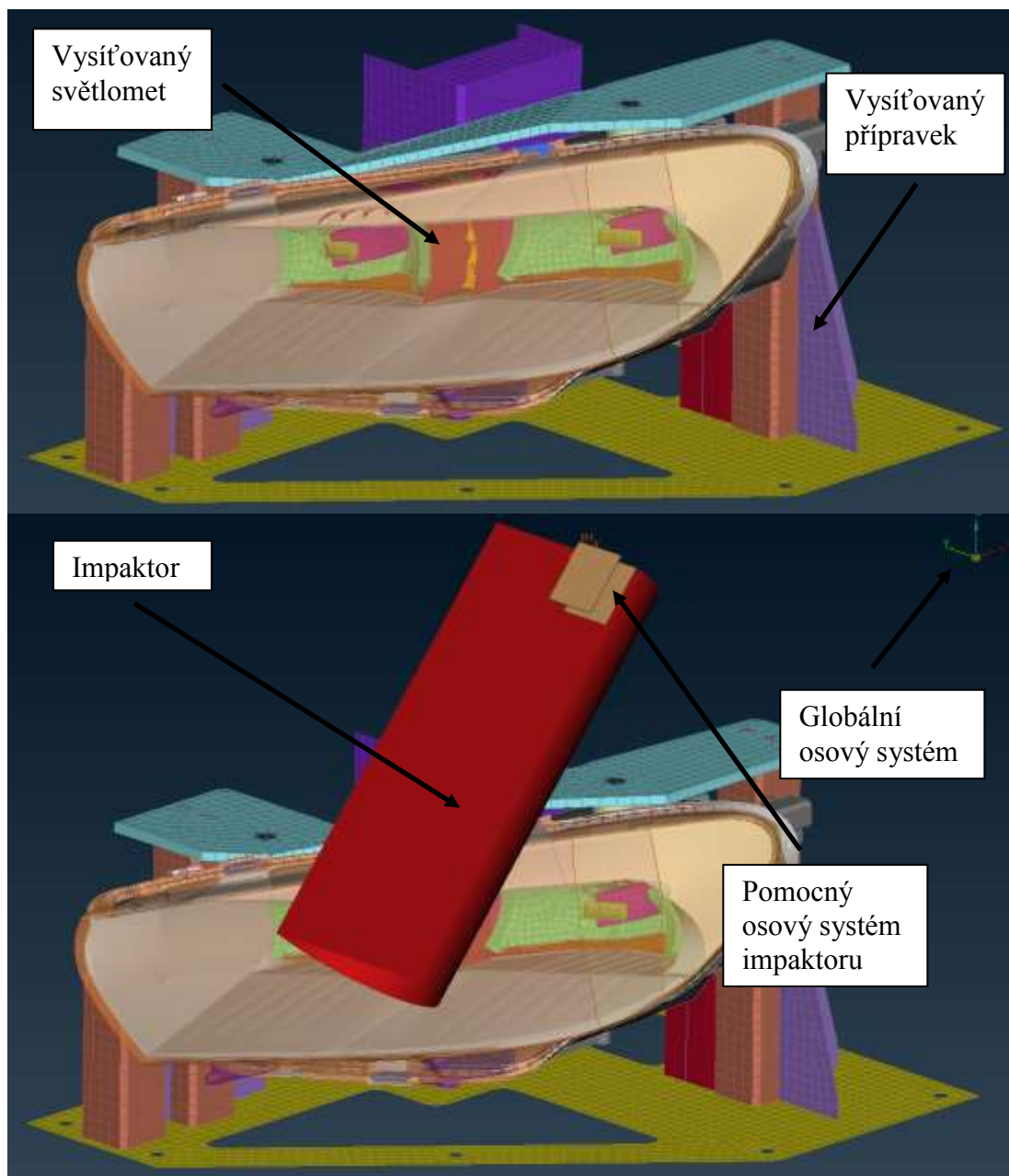
Na pevně zafixovaném přípravku, je světlomet uchycen na čtyřech místech pomocí vazeb nahrazující šroubové spoje, které odebírají všechny stupně volnosti. Stejně tak jsem nahradil všechny uchycovací prvky ve světlometu včetně lepeného spoje v lepicí drážce mezi krycím sklem a pouzdem za pevné vazby.

Dále pak jsem nastavil kontakty mezi jednotlivými díly, tj. světlomet vs. impaktor, světlomet vs. přípravek a nakonec jednotlivé díly ve světlometu mezi sebou.

U impaktoru jsem musel omezit jeho stupně volnosti, kdy jediný jeho možný pohyb je ve směru X v separátně vytvořeném pomocném osovém systému impaktoru (Obr. 3.6). Toto je důležité proto, aby nedocházelo k vychýlení dráhy impaktoru při nárazu do světlometu, stejně jak je tomu u testovacího zařízení. Dále jsem pak nastavil vypočtenou rychlost pohybu, která se zadává jako rozklad do osy X a Y v globálním osovém systému a nastavil hmotnost, tak aby se jeho kinetická energie rovnala 400J viz bod 2.3.1.

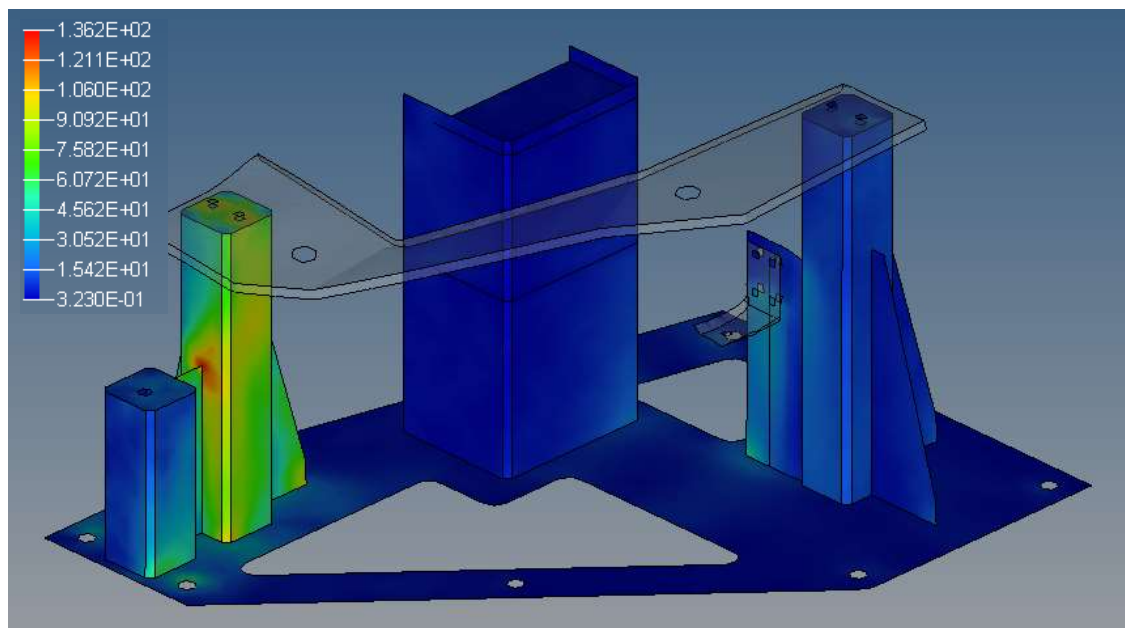
Tyto podmínky je nutné zadat pro každý bod nárazu zvlášť.

Takto vytvořený model (Obr. 3.6) je připraven k výpočtu.



Obr. 3.6 MKP model světlometu s přípravkem a impaktorem

3.4. Kontrola navrženého přípravku pomocí MKP

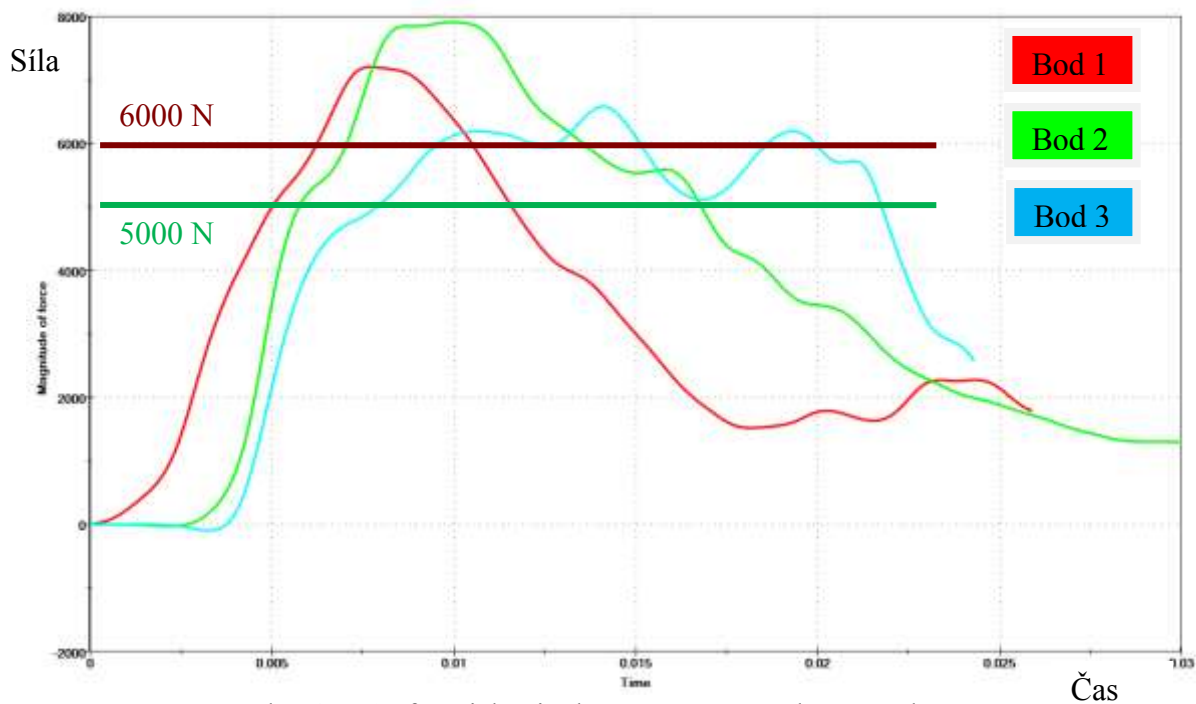


Obr. 3.5 Kontrola přípravku pomocí MKP

Přípravek je kontrolován pro původní stav světlometu, pro náraz do bodu 2, který je nejkritičtější. Maximální napětí vyšlo 136 MPa, což lze ale považovat za špičkové napětí. Jinak se napětí pohybuje mezi 30 až 90 MPa. Deformace přípravku je téměř nulová. Z toho vyplývá, že přípravek je navrhnout dostatečně tuhý, aby vydržel i opakované testování.

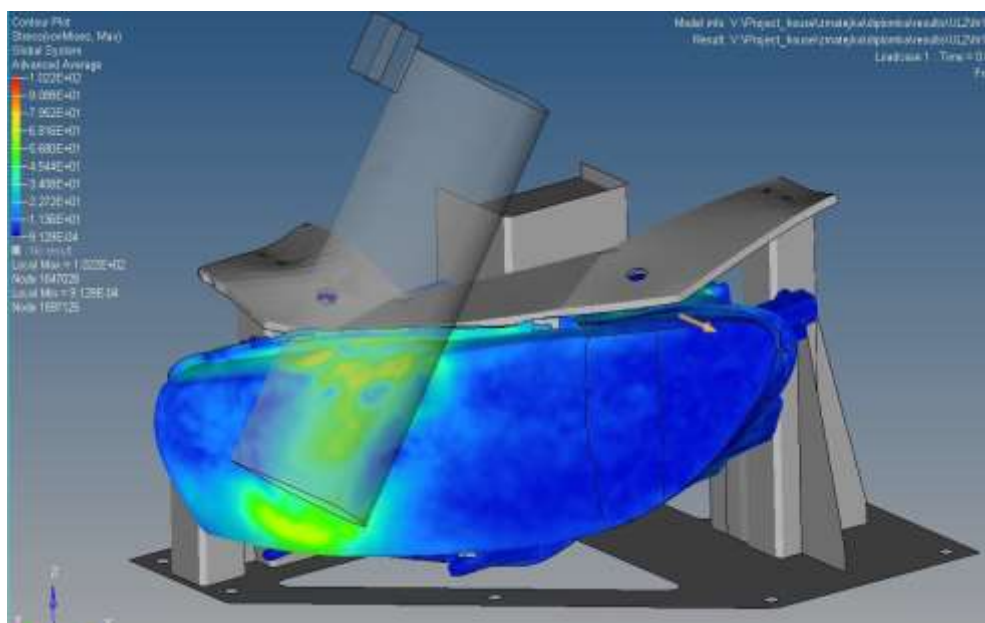
4. Matematická simulace testu zjednodušeným impaktorem kyčle

Další software, který v této práci využívám, je Meta Post. Za pomoci tohoto programu se dají zpracovat data vygenerovaná z výpočtového programu LS-DYNA a dále pak z nich vytvářet grafy, které slouží pro názornější vyjádření např. zatěžování impaktoru během nárazu. Na obr. 4.1 je znázorněna závislost síly na čase, která působí na impaktor v jednotlivých bodech nárazu pro zadaný světlomet.



Obr. 4.1 Graf závislosti síly na čase pro zadaný světlomet

Z takto vytvořeného grafu se dá určit, průběh síly působící na impaktor a její velikost v jednotlivých časech. Za pomoci simulačního softwaru HyperWorks jsem pak zjišťoval samotné příčiny vzniku silové změny (obr. 4.2).



Obr. 4.2 Matematická simulace testu pro zadaný světlomet v programu HyperWorks

Z grafu (obr. 4.1) je patrné, že nejvyšší zatížení impaktoru nastane v bodě 2 a to 7893 N. Cílem je, aby zatížení impaktoru resp. lidské nohy v reálu nebylo vyšší než 5000 N, kdy po dosažení tohoto výsledku získává automobil plný počet bodů z této zkoušky, která je součástí dalších testů zaměřených na srážku s chodcem. Při hodnotě vyšší než 5000 N a nižší než 6000 N, získává automobil snížený počet bodů a při překročení 6000 N nezískává bod žádný.

Tab. 4.1 Limitní hodnoty pro zkoušku nárazu kyčle

Ohybový moment Zatěžující síla	Získaný počet bodů
do 300 N.m do 5000 N	2
od 300 do 380 N.m od 5000 do 6000 N	0,01-1.999
nad 6000 N	0

Získané body z různých testů v oblasti ochrany chodců se pak sčítají a vyhodnocují. Potřebné výsledné procento bodů pro získání maximálního počtu 5-ti hvězdiček z crash testů dle EuroNCAP je znázorněno v tab. 4.2.

Tab. 4.2 Přehled hodnocení dle EuroNCAP [1]

2012	Passengers protection	Child protection	Pedestrian protection	Driver assistance systems	Weighted average
★★★★★	80 %	75 %	60 %	60 %	80 %
★★★★☆	70 %	60 %	50 %	40 %	70 %
★★★☆☆	40 %	30 %	25 %	25 %	60 %
★★☆☆☆	30 %	25 %	15 %	15 %	55 %
★☆☆☆☆	20 %	15 %	10 %	5 %	45 %

5. Návrh modifikace světlometu

Iterace 1

Modifikace:

- a) Předělání reflektorů tlumené, dálkové a směrové funkce z hliníkových frézovaných dílů na plastové výlisky z PC materiálu

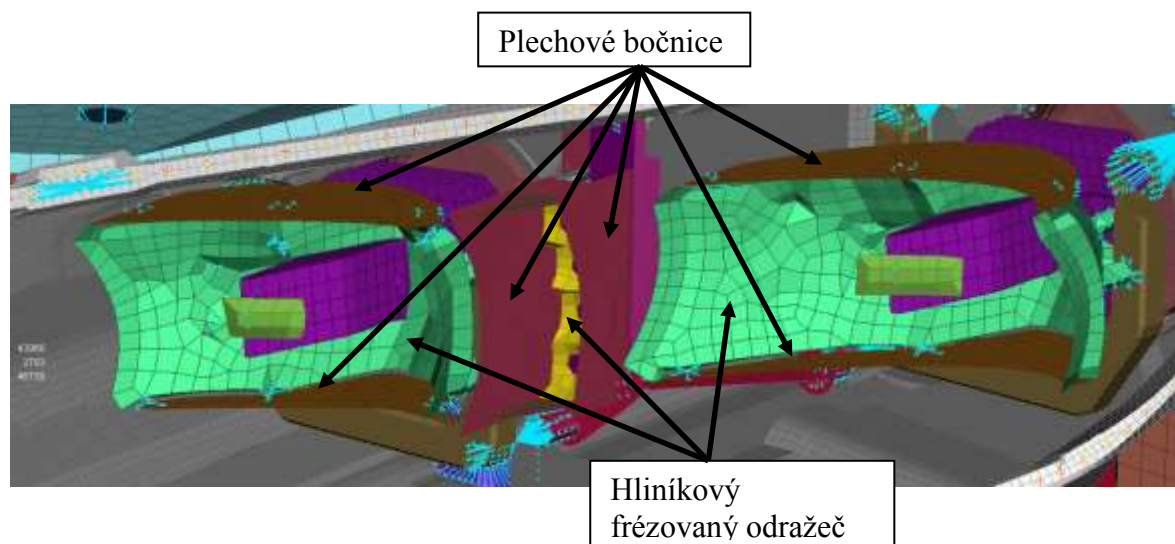
Důvody:

Hliníkové reflektory, zde byly použité pouze proto, že se jedná o prototyp a vyrábět formu pro plastový výlisek by bylo ekonomicky nevýhodné. Hlavní důvod změny na plastový materiál je, že hliníkové odražeče jsou těžké, nedeformovatelné a tudíž s ohledem na zvyšování ochrany chodců naprosto nevhodné. Dále pak pro sériovou výrobu by byly nakonec stejně použité plastové výlisky. Materiál pro odražeče jsem zvolil PC, který je pro reflektory vhodný svými vlastnostmi a v praxi nejvíce používaný.

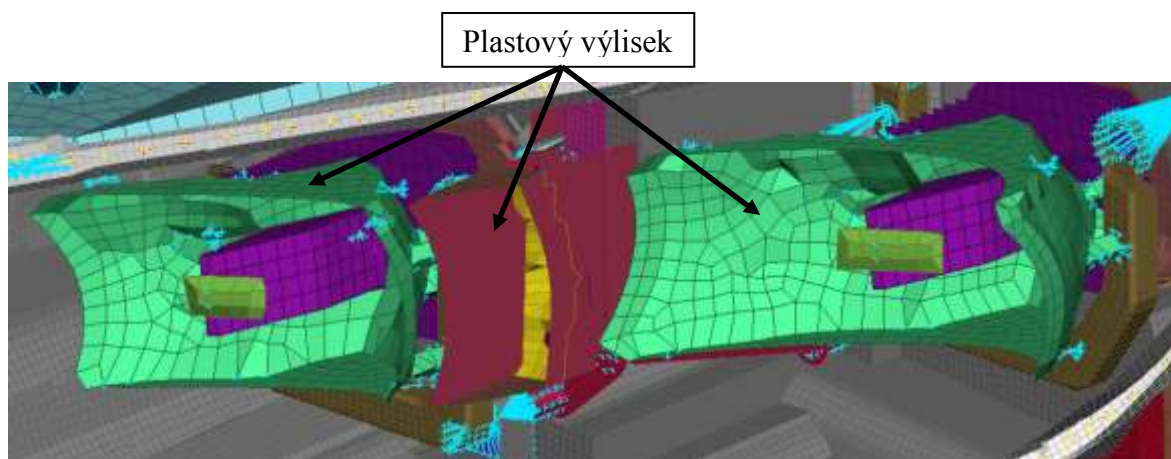
- b) Změna jejich designu

Důvody:

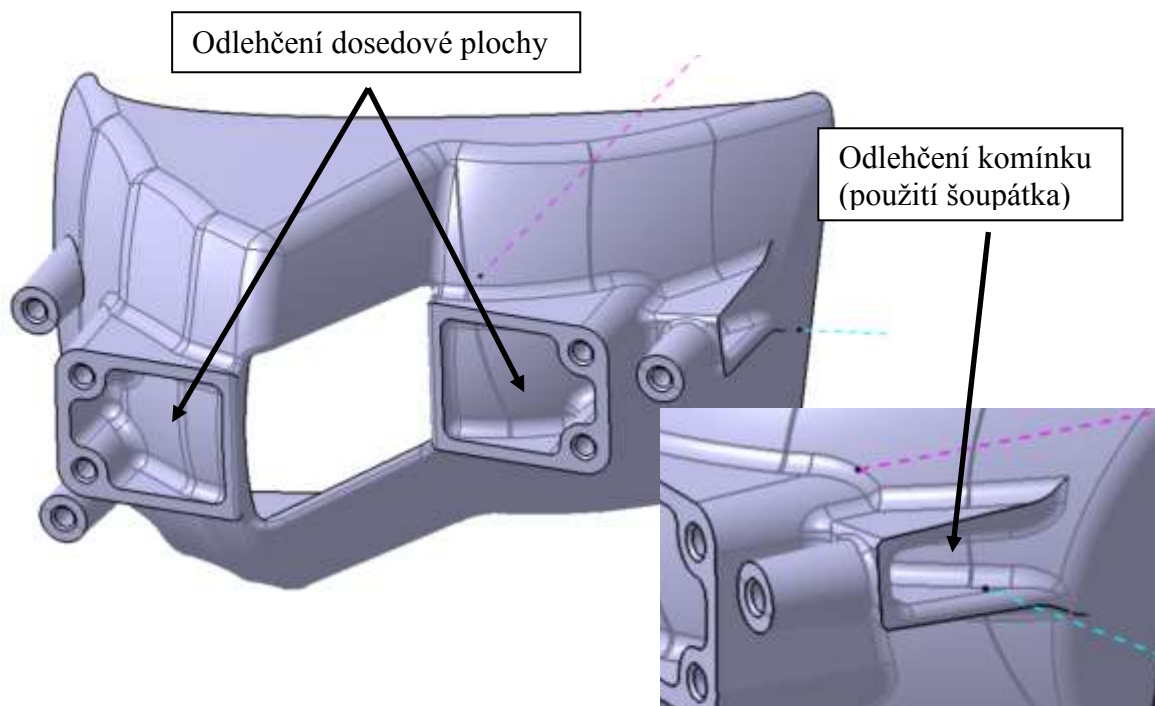
Změna designu se odvíjela hlavně od toho, že plastový výlisek má úplně jiné zákonitosti než hliníkový díl. Hlavní změnou je zrušení přišroubovaných horních, spodních a bočních plechů, které budou již součástí plastového výlisku. Další úprava spočívala ve změně úchytných komínků pro šrouby, jelikož při původním návrhu by docházelo k nežádoucím propadlinám na optických plochách z důvodů místní velké tloušťky materiálu (Obr. 5.3). Všechny konstrukční úpravy jsem prováděl v programu ANSA. V Catii V5 jsem pak provedl nový návrh reflektoru dálkové a denní funkce s ohledem na vyrobitelnost a odformování výlisku (Obr. 5.4). Nakonec jsem u tohoto dílu provedl draftovou analýzu a vytvořil výrobní 3D výkres (Obr. 5.5).



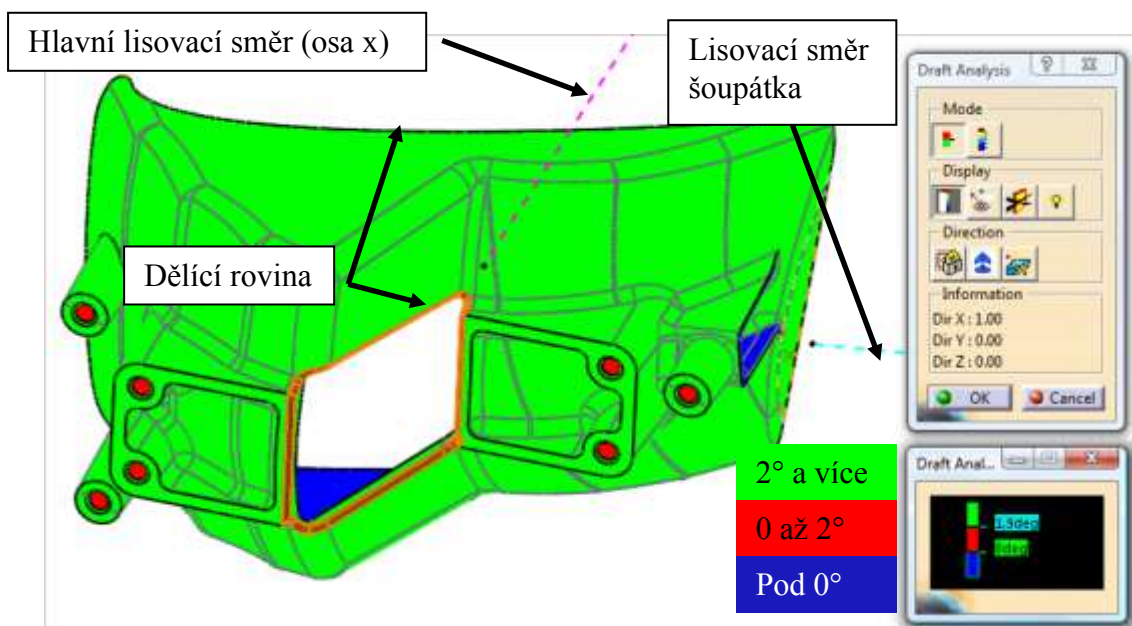
Obr. 5.1 Původní reflektory



Obr. 5.2 Upravené reflektory



Obr. 5.3 Upravení reflektoru



Obr. 5.4 Draftová analýza pro hlavní lisovací směr

Výsledek:

Tab. 5.1 Výsledky Iterace 1:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	7204	7909	6584
Maximální síla současné iterace [N]	6809	7893	6523
Procentuální rozdíl [%]	-5,5	-0,2	-0,9

Dle výsledného grafu po 1. modifikaci (Obr. 5.6) můžeme vidět, že se změnil průběh síly působící na impaktor ve všech bodech nárazu. V bodě 1 došlo také ke snížení maximálního zatížení impaktoru o 5,5%. V Bodech 2 a 3 se změnil pouze průběh, ale výsledné zátěžové maximum se snížilo jen minimálně.

Iterace 2

Modifikace:

- a) Zkrácení masky

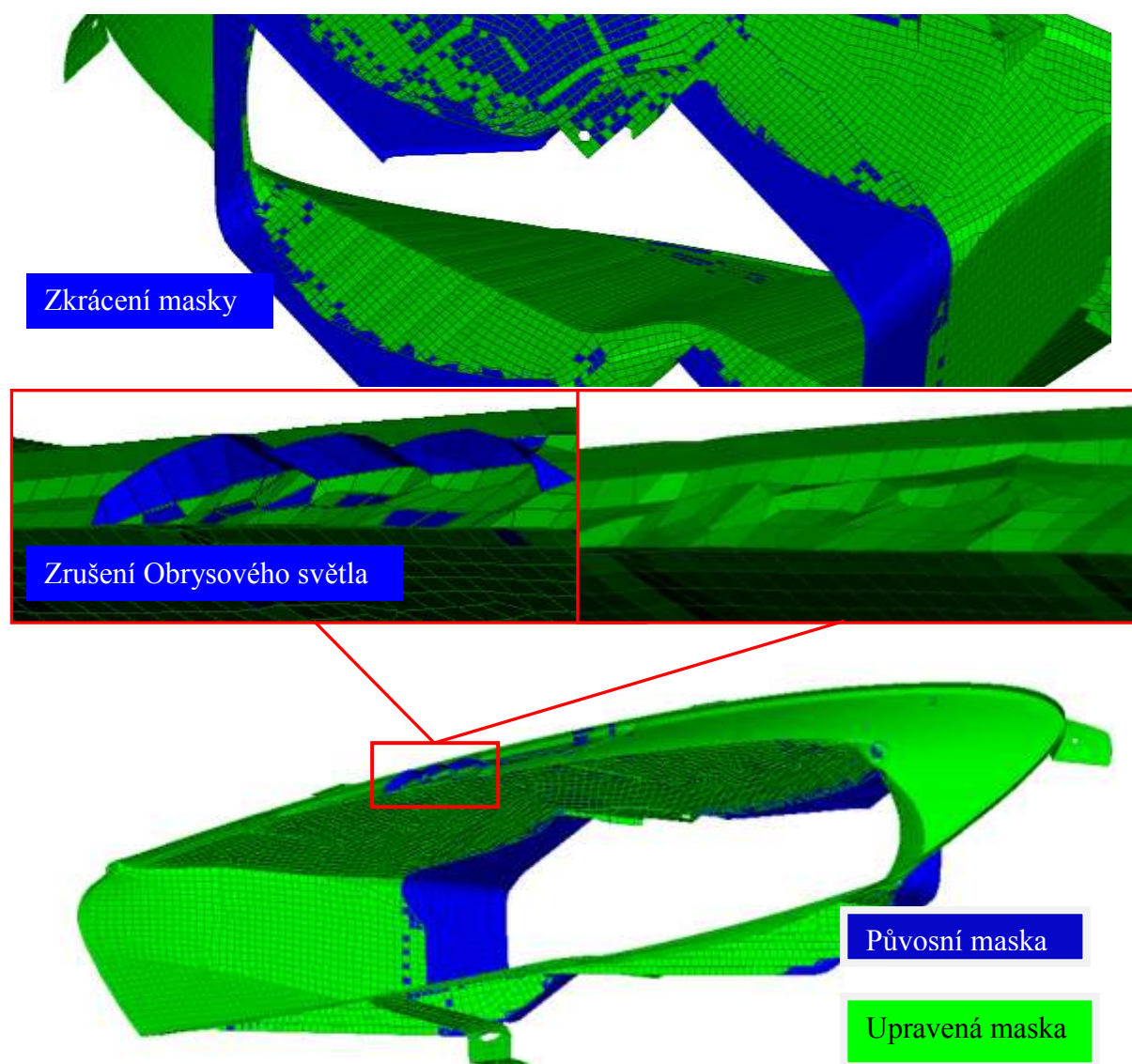
Důvody:

Ke zkrácení masky jsem se rozhodl na základě analýzy deformační simulace, kdy maska po nárazu začala značně tlčit shora na reflektory (Obr. 5.9).

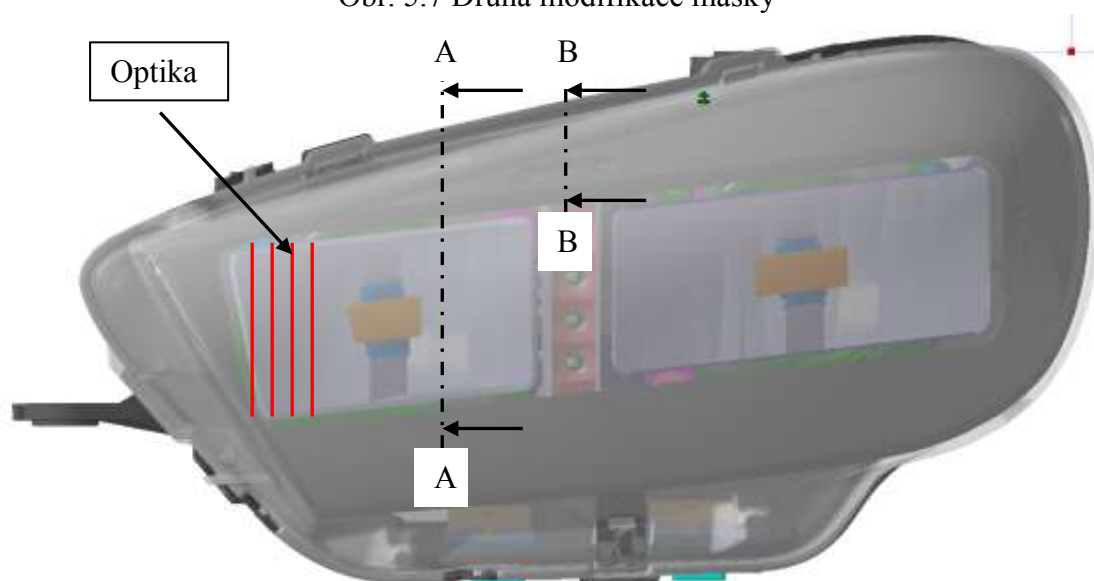
- b) Zrušení obrysové funkce na masce

Důvody:

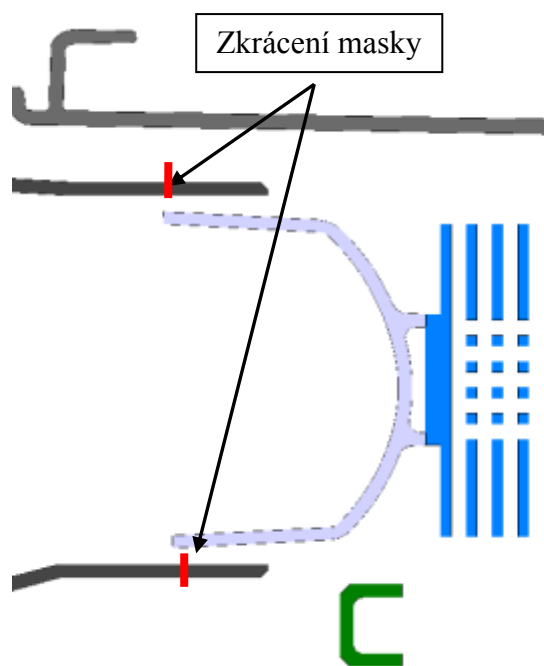
Obrysovou funkci na čele masky jsem zrušil, protože zmenšovala deformační prostor pro sklo a zároveň svým tvarem nežádoucím způsobem vyztužovala masku. Dále jsem se díky toho zbavil jednoho menšího hliníkového dílu. Obrysová funkce by se pak dala řešit jiným způsobem a to "poddimováním" LED diod na funkci s denním svícením. Tzn. ve dne by auto svítilo funkcí DRL a večer při zapnutých světlech by se ledky ztlumily na požadovanou hodnotu a plnily by funkci obrysového světla. Pro splnění homologace hlavně pro viditelnost ze 45° zevnitř by se pak musela přidat optika na skle, která by rozptýlila světlo do strany. Při tomto řešení dochází k rozporu s požadovaným stylem automobilky, nicméně v této práci se na styl nebere ohled a všechny modifikace mohou původní design narušit či změnit.



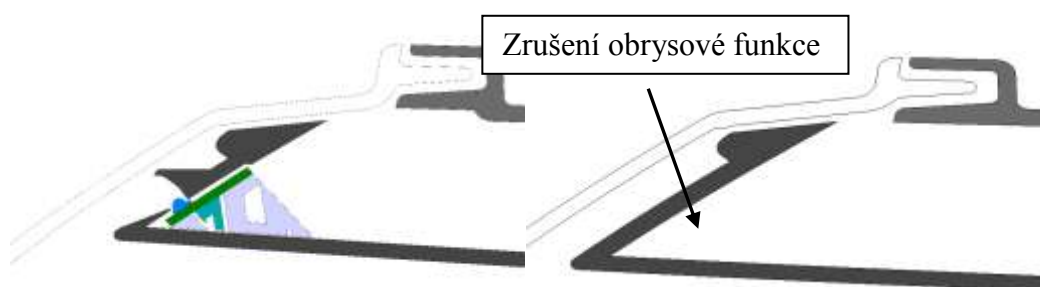
Obr. 5.7 Druhá modifikace masky



Obr. 5.8 Optika na skle

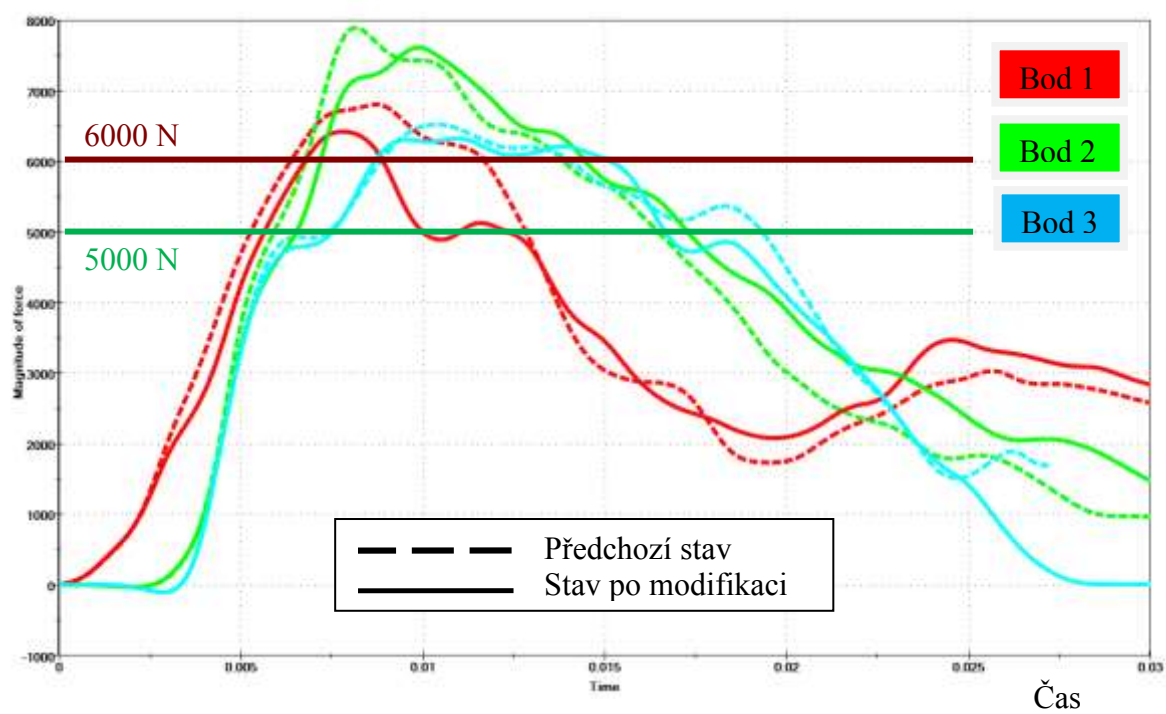


Obr. 5.9 Řez A-A



Síla

Obr. 5.10 Řez B-B



Obr. 5.11 Iterace 2 - Graf závislosti síly na čase

Výsledek:

Tab. 5.2 Výsledky Iterace 2:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	6809	7893	6523
Maximální síla současné iterace [N]	6424	7618	6326
Procentuální rozdíl [%]	-5,7	-3,5	-3

Po 2. úpravě se snížila maximální reakční síla ve všech kontrolovaných místech. V tabulce 5.2 jsou znázorněna výsledná procentuální snížení zatížení v porovnání s předchozí modifikací.

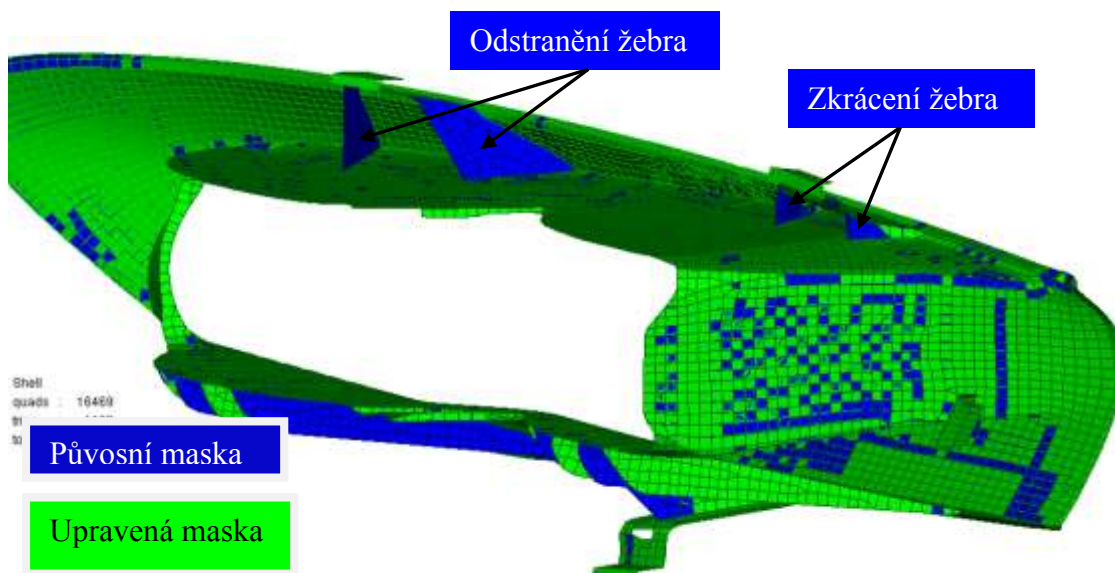
Iterace 3

Modifikace:

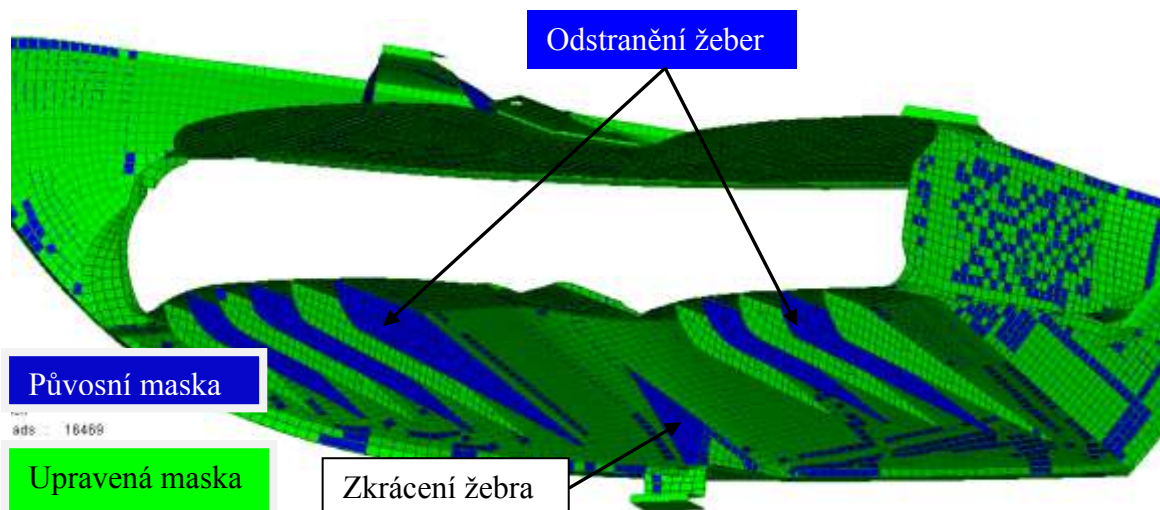
- Odstranění a zkrácení žebër úchytných pacek masky
- Odstranění několik spodních žebër na masce

Důvody:

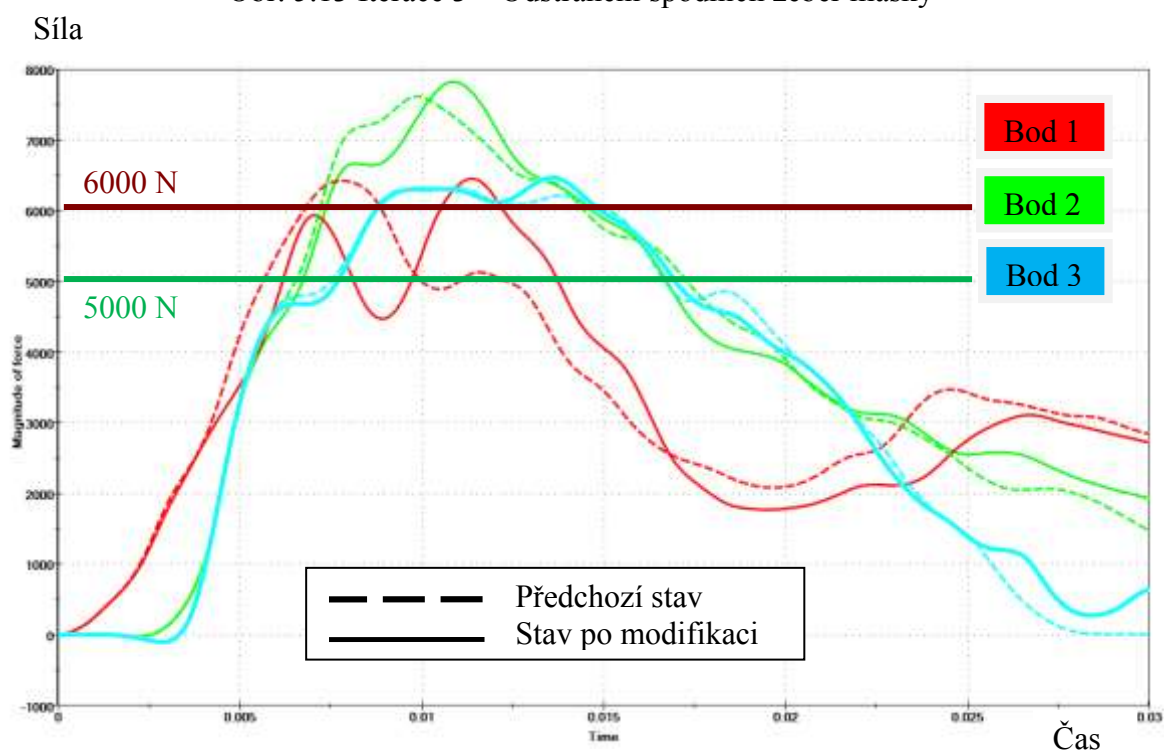
Pro zvýšení deformační schopnosti masky jsem zrušil nebo zkrátil výztužná žebra úchytných pacek masky. Ze stejného důvodu jsem pak zredukoval počet žebër ve spodní části (Obr. 5.13).



Obr. 5.12 Iterace 3 – Odstranění a zkrácení žebër úchytných pacek masky



Obr. 5.13 Iterace 3 – Odstranění spodních žeber masky



Obr. 5.14 Iterace 3 - Graf závislosti síly na čase

Výsledek:

Tab. 5.3 Výsledky Iterace 3:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	6424	7618	6326
Maximální síla současné iterace [N]	6454	7824	6470
Procentuální rozdíl [%]	0,5	2,7	2,3

Po této konstrukční úpravě došlo ve všech bodech zpočátku k poklesu napětí a pak následnému mírnému vzestupu, který byl zapříčiněn nárazem vnitřních dílů mezi sebou.

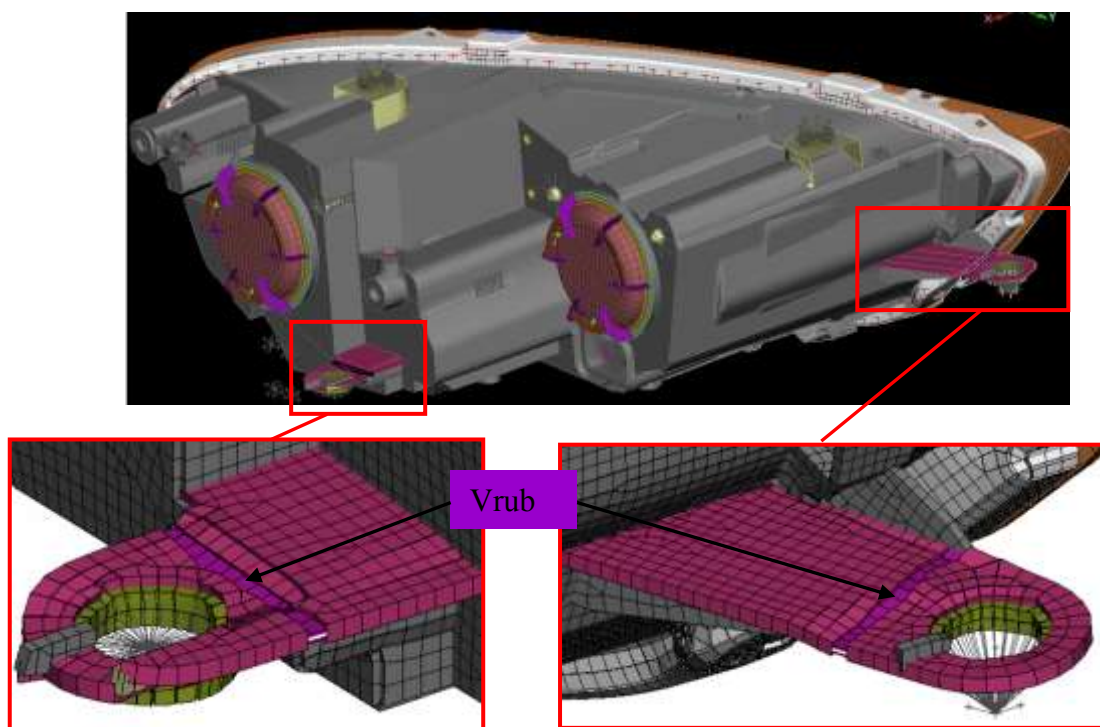
Iterace 4

Modifikace:

Přidání vrubů na spodních úchytných packách pouzdra.

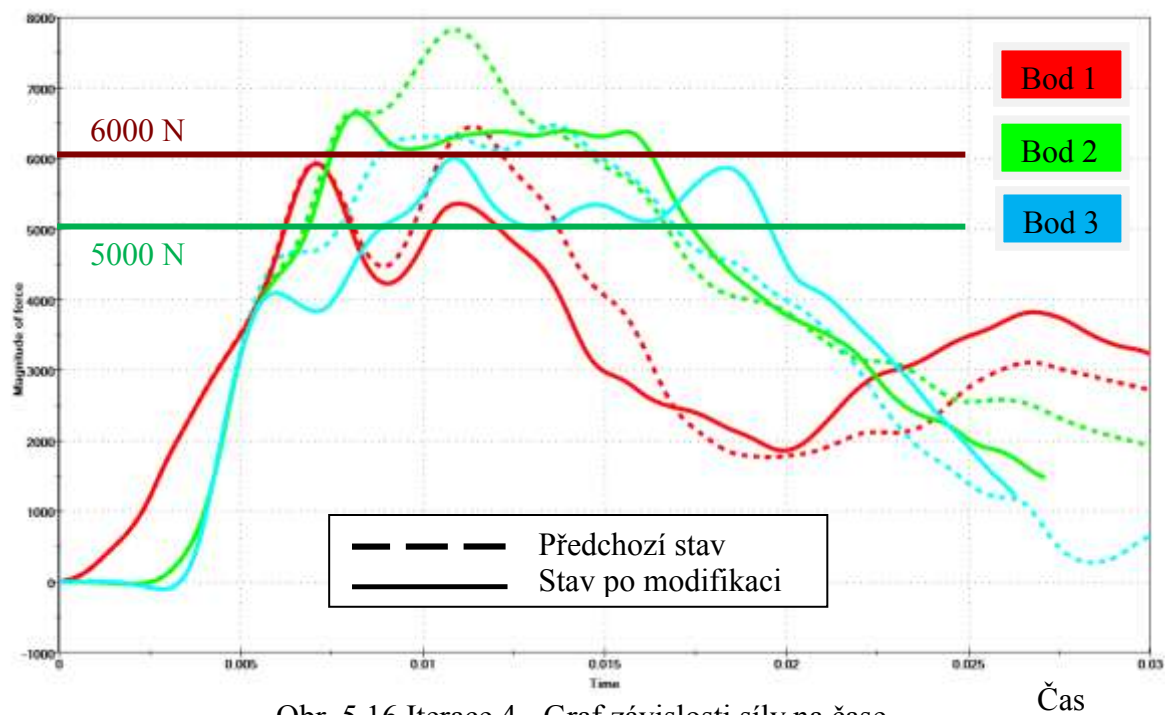
Důvody:

Vruby na spodních packách pouzdra jsem přidal proto, aby došlo k uvolnění napětí ulomením pacek dříve, než napětí vzroste na nepříznivě vysokou hodnotu.



Síla

Obr. 5.15 Iterace 4 – Vruba na úchytných packách



Obr. 5.16 Iterace 4 - Graf závislosti síly na čase

Čas

Výsledek:

Tab. 5.4 Výsledky Iterace 4:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	6454	7824	6470
Maximální síla současné iterace [N]	5928	6644	6009
Procentuální rozdíl [%]	-8,2	-15,1	-7,1

Tato úprava přinesla největší zlepšení. V bodě jedna došlo ke snížení silového účinku o 8,1%, v bodě dva o 15,1% a v bodě tři o 7,1% v porovnání s třetí modifikací. Tato i předchozí změna však může mít nepříznivý vliv při vibračních zkouškách, kdy by světlomet nemusel vydržet.

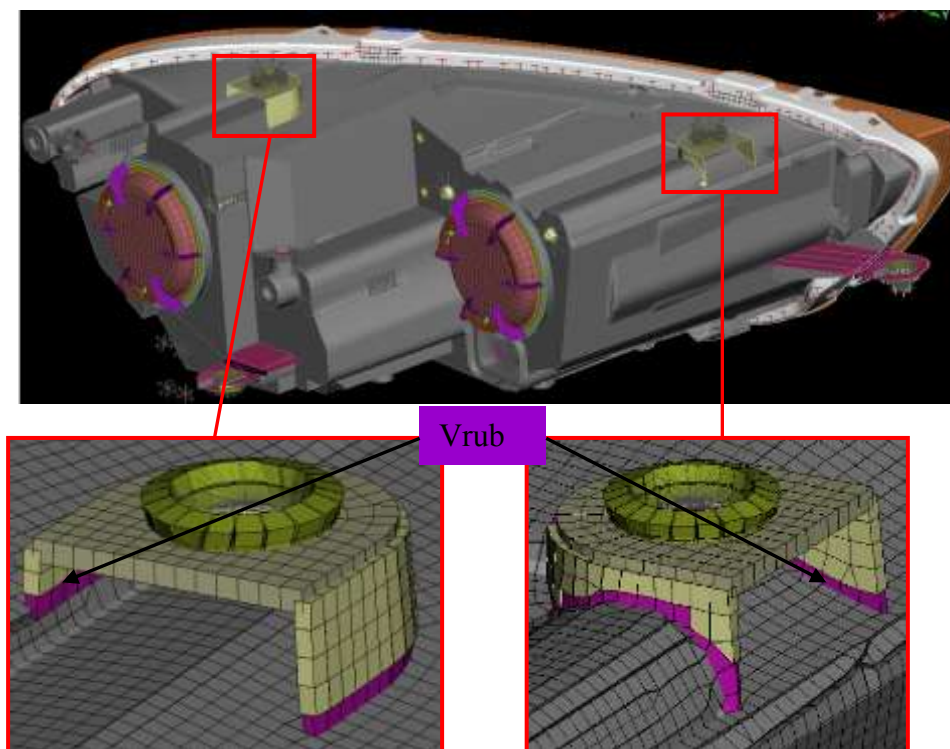
Iterace 5

Modifikace:

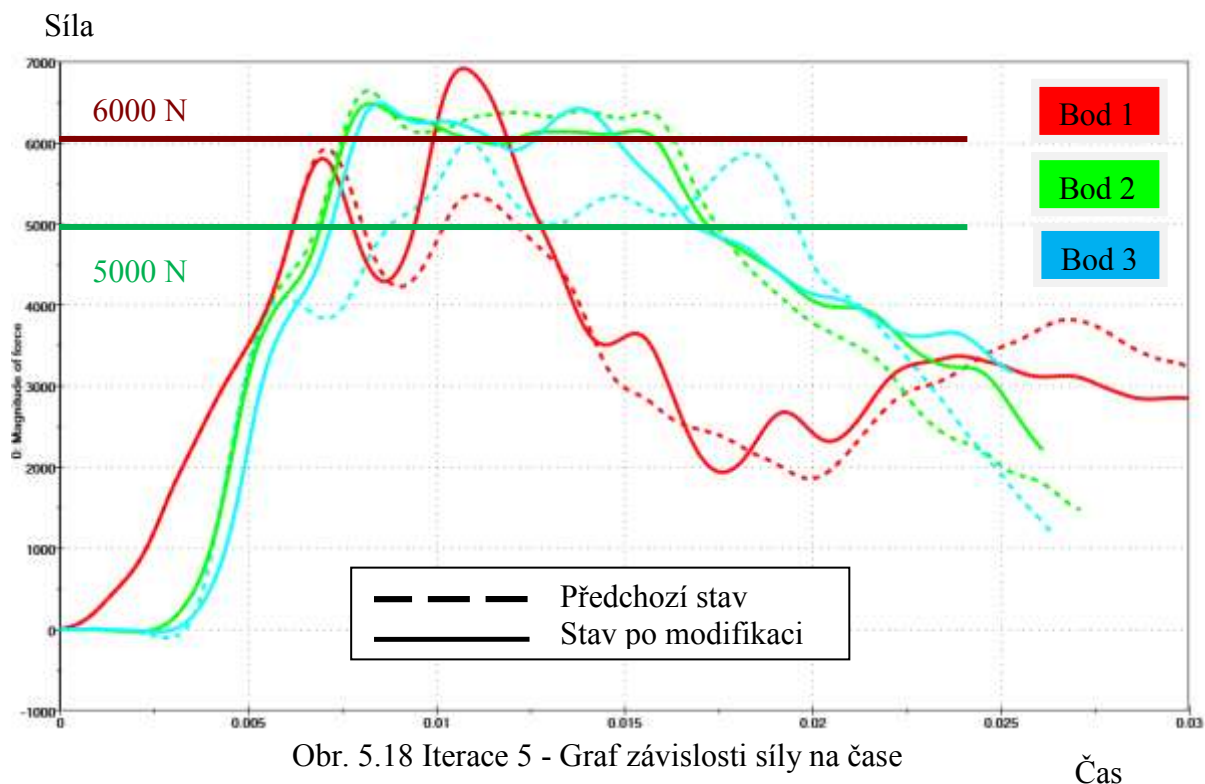
Vruby na horních úchytech pouzdra.

Důvody:

Vruby na horních úchytech pouzdra jsem přidal ze stejného důvodu jako na spodních packách.



Obr. 5.17 Iterace 5 – Vruby na horních úchytech



Výsledek:

Tab. 5.5 Výsledky Iterace 5:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	5928	6644	6009
Maximální síla současné iterace [N]	6922	6486	6494
Procentuální rozdíl [%]	16,8	-2,4	8,1

Dle výsledného grafu je vidět, že přidání vrubů na horních úchytech, již nevedlo ke stejnému výsledku jako u spodních pacek. Při odlomení sice dojde k částečnému snížení napětí, ale světlomet brzy narazí na tuhý přípravek, aniž by pohltil větší množství energie. Nejhorší dopad to mělo na body 1 a 3. V bodě 2 tato modifikace měla naopak kladný účinek.

Iterace 6

Modifikace:

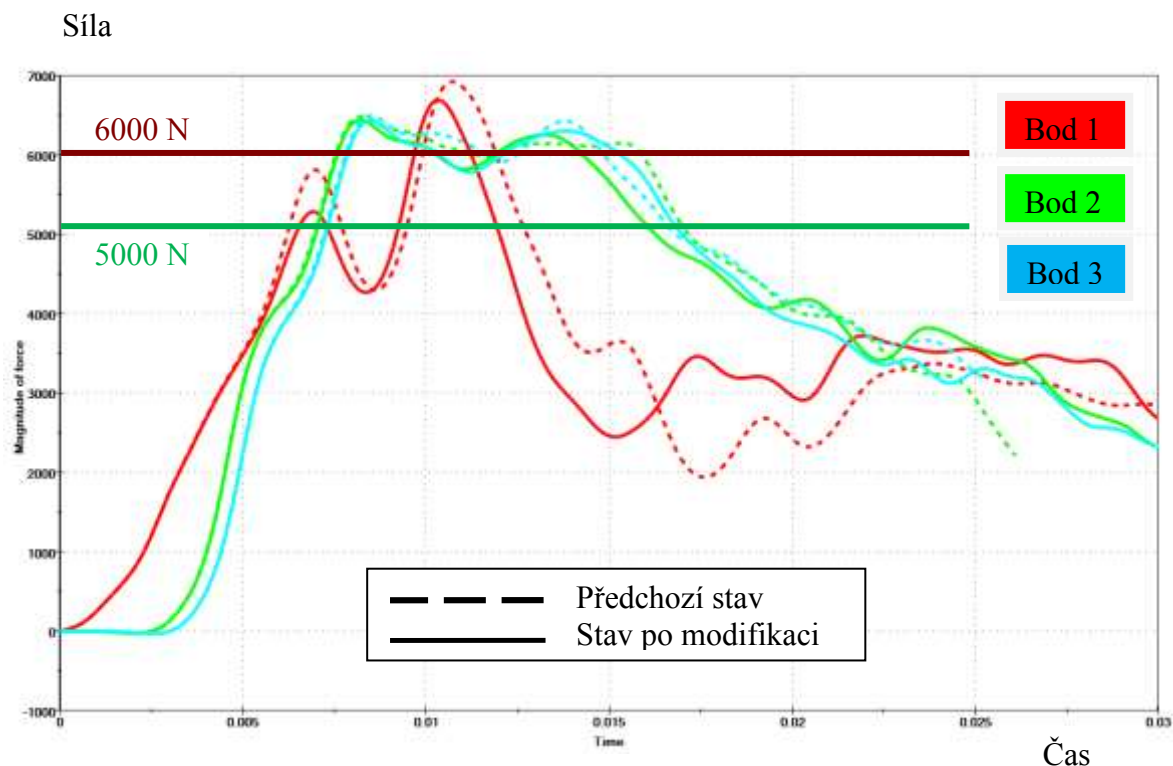
Odstranění AL chladičů

Důvody:

Další možná úprava je zredukování počtu hliníkových dílu ve světlometu. Chladiče jako těžká a tuhá tělesa mohou mít špatný vliv na deformaci světlometu. Proto se v některých případech hliníkové pasivní chladiče nahrazují aktivními. Aktivním chladičem

jsou myšleny různé axiální nebo radiální ventilátory. Tyto ventilátory mají tu výhodu, že jsou lehké, z větší části plastové, mohou zabírat méně místa, a tudíž se zvětšuje i deformační zóna ve světlometu. Nevýhodou může být jejich cena a případná účinnost chlazení, kdy při nedokonalém systému chlazení by musel být použit výkonnější chladič s většími rozměry a tudíž by mohl nastat problém se zástavbou.

Při této iteraci jsem odstranil hliníkové chladiče úplně a chtěl tak zjistit, jestli mají tyto komponenty významný vliv na silové zatížení impaktoru.



Obr. 5.19 Iterace 6 - Graf závislosti síly na čase

Výsledek:

Tab. 5.6 Výsledky Iterace 6:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	6922	6486	6494
Maximální síla současné iterace [N]	6691	6440	6433
Procentuální rozdíl [%]	-3,3	-0,7	-0,9

Dle dosažených výsledků, jsem zjistil, že odstranění hliníkových chladičů nevedlo nijak k radikálnímu zlepšení a tudíž se touto úpravou nemám důvod zabývat. To je zřejmě způsobeno tím, že design světlometu je poměrně hluboký a hliníkové chladiče umístěné vzadu světlometu nijak výrazně neovlivňují impaktor při nárazu.

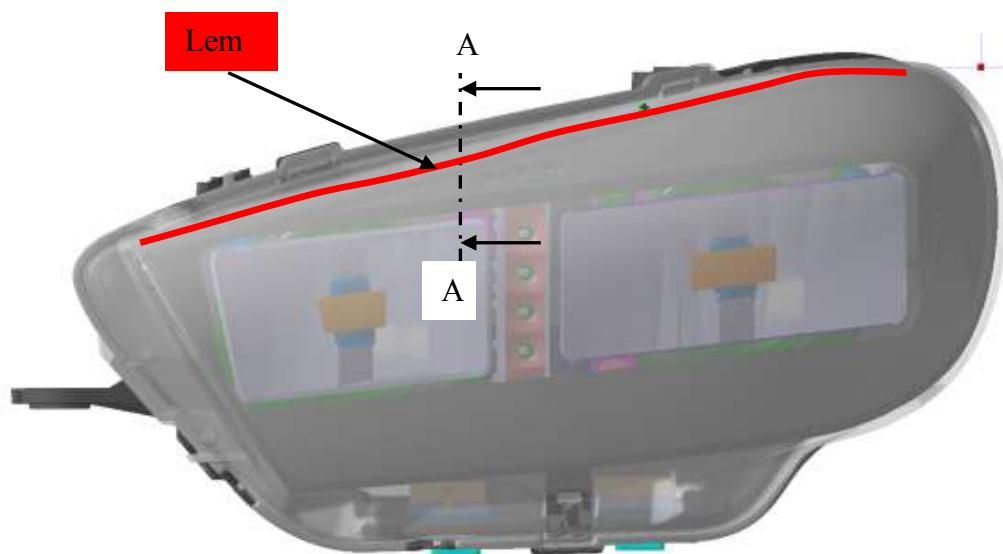
Iterace 7

Modifikace:

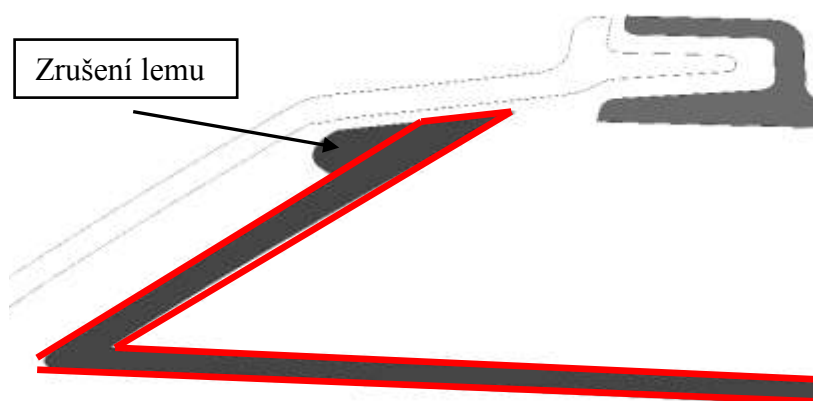
Zrušení lemu na masce

Důvody:

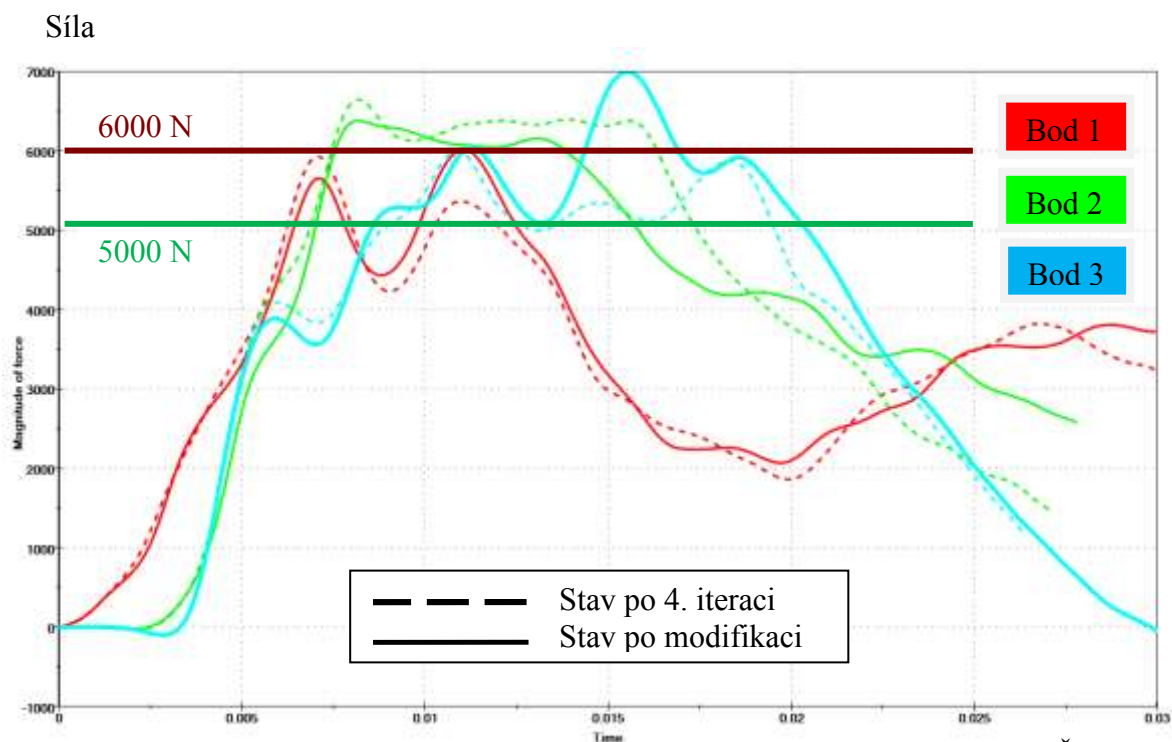
Tato úprava se mi jeví jako vhodná z hlediska zlepšení deformační schopnosti masky, kdy jsem odstranil celý vyztužující lem. Jelikož se předchozí dvě modifikace (5 a 6) ukázaly jako ne příliš vhodné, tak touto modifikací navazuji na úpravu číslo 4.



Obr. 5.20 Iterace 7 – zrušení lemu na masce



Obr. 5.21 Iterace 7 – Řez A-A



Obr. 5.22 Iterace 7 - Graf závislosti síly na čase

Výsledek:

Tab. 5.7 Výsledky Iterace 7:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla 4. iterace [N]	5928	6644	6009
Maximální síla současné iterace [N]	6019	6377	6993
Procentuální rozdíl [%]	1,5	-4	16,4

Dle výsledného grafu, je zřejmé, že tato konstrukční úprava vedla ke zlepšení pouze v bodě dva. V bodě jedna jsem zaznamenal malý nárůst a pro bod tři měla tato úprava opačný účinek, kdy došlo k nárůstu síly až o 16,4%.

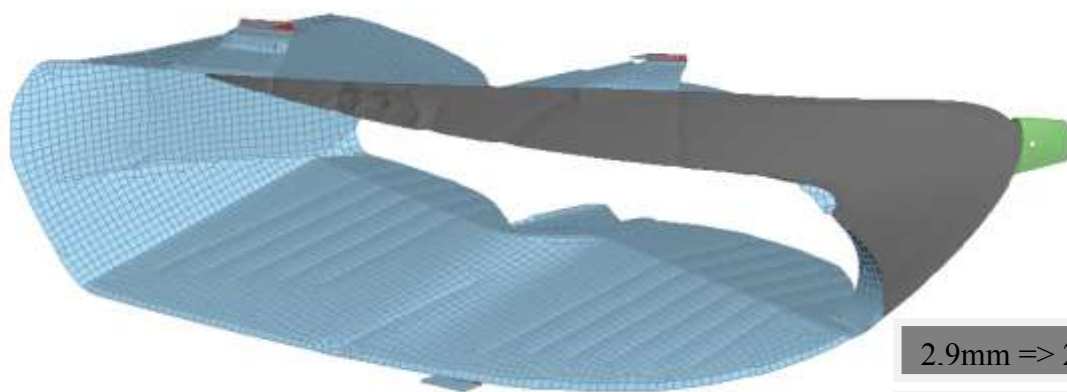
Iterace 8

Modifikace:

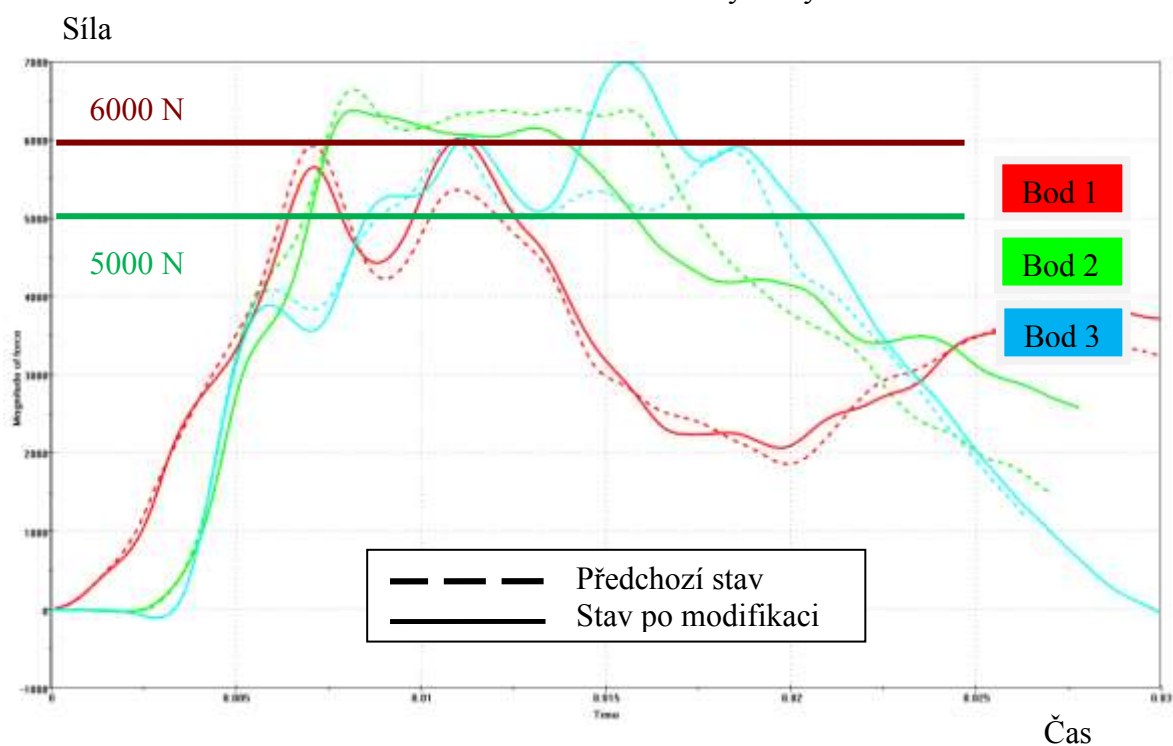
Zmenšení tloušťky stěny na masce z 2,9mm na 2,3mm a 2,5 na 2,3.

Důvody:

Tuto úpravu jsem provedl pro zvýšení deformační schopnosti masky.



Obr. 5.23 Iterace 8 – zmenšení tloušťky stěny na masce



Obr. 5.24 Iterace 8 - Graf závislosti síly na čase

Výsledek:

Tab. 5.8 Výsledky Iterace 8:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	6019	6377	6993
Maximální síla po současné iterace [N]	6321	6284	7515
Procentuální rozdíl [%]	6,6	-5,4	25,1

Dosažené výsledky ukazují, že tato úprava je opět vhodná pouze pro bod dva. Ve zbylých dvou místech má tato úprava nepříznivý vliv.

Iterace 9

Modifikace:

Zmenšení tloušťky stěny na krycím skle z 2,5mm na 2,3 mm.

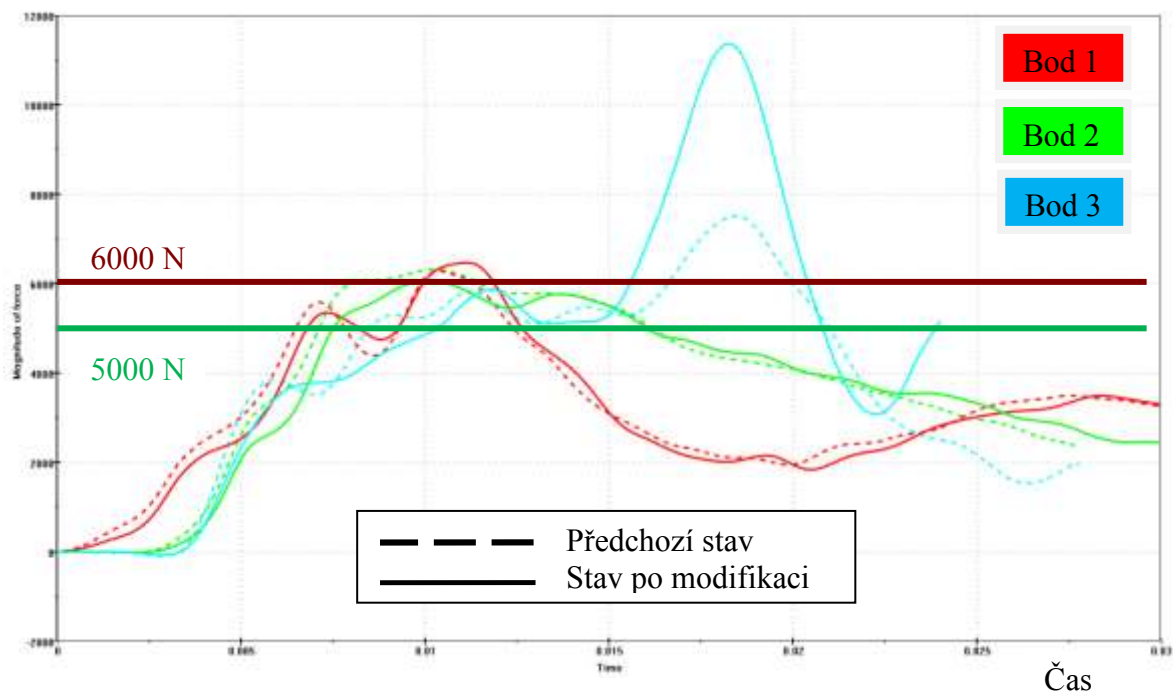
Důvody:

Tuto úpravu jsem provedl pro zvýšení deformační schopnosti krycího skla.



Obr. 5.25 Iterace 9 – zmenšení tloušťky stěny na krycím skle

Síla



Čas

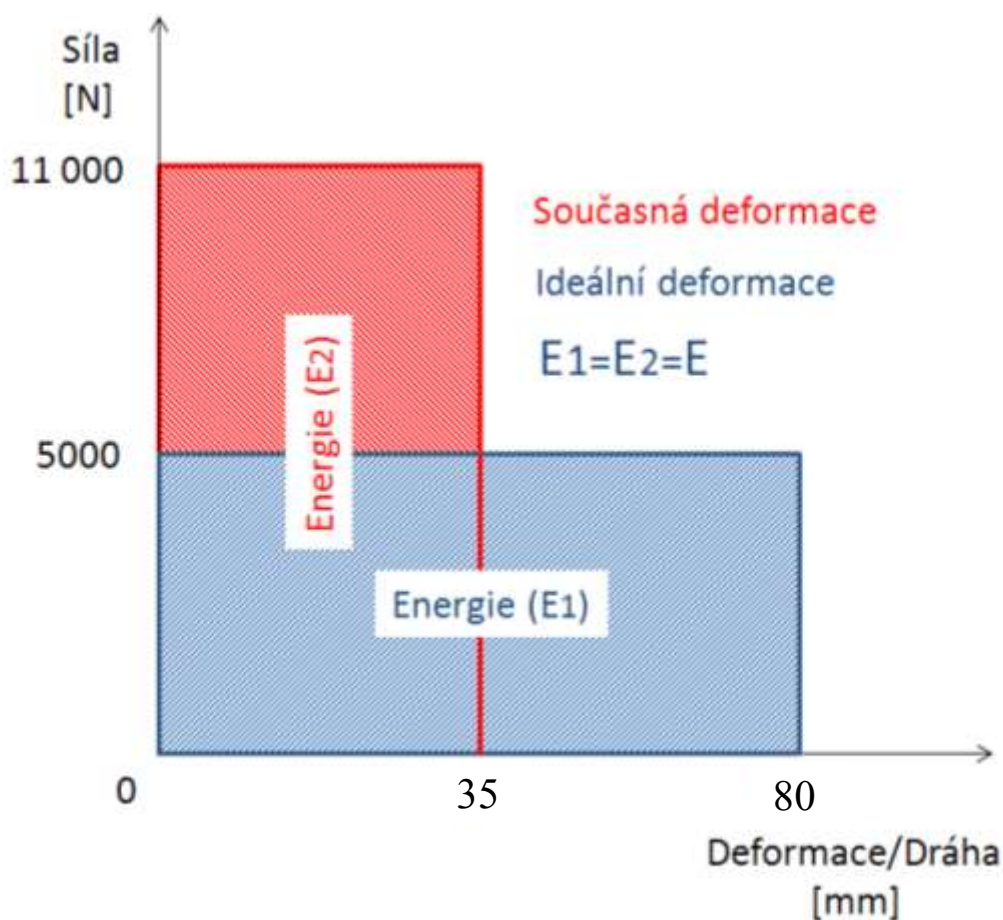
Obr. 5.26 Iterace 9 - Graf závislosti síly na čase

Výsledek:

Tab. 5.9 Výsledky Iterace 9:

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla předchozí iterace [N]	6321	6284	7515
Maximální síla současné iterace [N]	6472	6059	11369
Procentuální rozdíl [%]	2,4	-3,6	51,3

Dle výsledného grafu výsledků je zřejmé, že tato úprava má z počátku příznivý vliv na všechny nárazové body. Nicméně po nějaké době dojde opět k významnému nárůstu síly, v bodě tři dokonce o více než 50%. Hlavní důvod je zástavba světlometu ve vozidle, kdy světlomet při nárazu se po nějaké době opře o částí automobilu respekt. přípravku. Z toho vyplývá, že všechny další úpravy vedoucí k větší deformovatelnosti jednotlivých dílů světlometu by se musely realizovat spolu s modifikací struktury vozidla, jelikož vzhledem k zástavbovým možnostem a deformaci světlometu není možné pohltit tak velkou energii (Obr. 5.27).



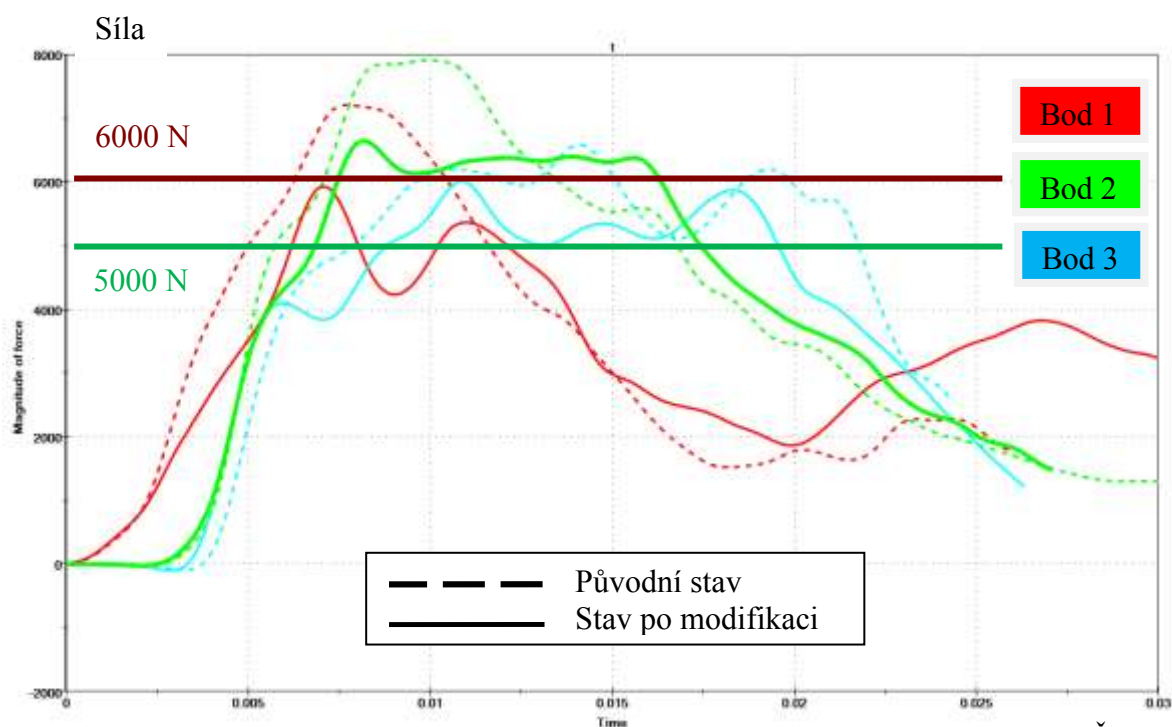
Obr. 5.27 Iterace 9 – Zjednodušený graf závislosti síly na deformaci

Konečné vyhodnocení

Tab. 5.10 Konečné celkové snížení zatěžující síly na impaktor

	Bod 1	Bod 2	Bod 3
Maximální síla původního stavu [N]	7204	7909	6584
Maximální síla po čtvrté iteraci [N]	5928	6644	6009
Procentuální rozdíl [%]	-17,7	-16	-8,7

Po celkovém zhodnocení všech modifikací se ukázalo, že až po čtvrtou konstrukční úpravu byly výsledky příznivé. Všechny další úpravy by byly vhodné, jedině až po úpravě struktury automobilu. Konečné výsledné zlepšení mezi iterací číslo 4 a původním stavem je v bodě jedna 17,7% v bodě dva 16% a v bodě tři klesla maximální síla o 8,7%.



Obr. 5.28 Iterace 4 - Graf závislosti síly na čase

Čas

6. Závěr

V úvodu této diplomové práce je seznámení se všeobecným přehledem týkajícím se světlometů. Dále pak vysvětlení, čím se zabývá organizace Euro NCAP a podrobnější pohled jedné ze zkoušek týkající se čelního střetu automobilu s chodcem nazývanou „Zkouška nárazem horní části makety nohy (kyčle) do náběžné hrany kapoty“. Nedílnou součástí této práce bylo také navržení přípravku pro uchycení světlometu do testovacího zařízení a vytvoření MKP modelu světlometu vč. přípravku a následná matematická simulace již zmiňovaného testu. Nakonec následoval návrh modifikací světlometu pro zvýšení ochrany chodců a ověření návrhů novými simulacemi. Po celkovém zhodnocení všech modifikací se ukázalo, že až po čtvrtou konstrukční úpravu byly výsledky příznivé. Všechny další úpravy by byly vhodné, jedině až po úpravě struktury automobilu. Konečné výsledné zlepšení mezi iterací číslo 4 a původním stavem je v bodě jedna 17,7% v bodě dva 16% a v bodě tři klesla maximální síla o 8,7%. Součástí této práce je také sestavný výkres světlometu, sestavné a výrobní výkresy přípravku.

7. Seznam použité literatury

- [1] Podklady firmy Varroc Lighting Systems s.r.o.
- [2] EURO NCAP: *Pedestrian testing protocol*, 6. vyd. , 2012, 64s.
- [3] Volkswagen: VW [online], [cit. 2012-12-05]. Dostupné z:
< <http://www.volkswagen.cz/modely/tiguan/galerie>>
< <http://www.volkswagen.cz/modely/scirocco/galerie>>
- [4] Škoda: Vyvíj a konstrukce světlometu [online], [cit. 2012-12-05]. Dostupné z:
<http://www.fm.tul.cz/files/projektme/Vyvoj_a_konstrukce_svetlometu_28.3.07.pdf>
- [5] LeaseTrader: *2012 Volkswagen Tiguan* [online], [cit. 2012-12-19]. Dostupné z:
<<http://www.lease trader.com/lease-specials/2012-Volkswagen-Tiguan-S-15870.xhtml>>
- [6] Autolexicon: *Euro NCAP* [online], [cit. 2012-12-30]. Dostupné z:
< <http://cs.autolexicon.net/articles/euro-ncap/>>

8. Seznam příloh

Příloha A	Sestavný výkres světlometu s přípravkem (č. v. MAT614-01)
Příloha B	Sestavný výkres světlometu (č. v. MAT614-02)
Příloha C	Sestavný výkres přípravku (č. v. MAT614-03)
Příloha D	Výrobní výkres svařence přípravku (č. v. MAT614-04)
Příloha E	Výrobní výkres úchytného plechu horního (č. v. MAT614-05)
Příloha F	Výrobní výkres úchytného plechu spodního (č. v. MAT614-06)
Příloha G	CD obsahující: <ul style="list-style-type: none">- Diplomová práce ve formátu pdf- Sestavné výkresy světlometu a přípravku, výrobní výkresy přípravku ve formátu pdf- Poster ve formátu pptx